



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# TRABAJO FINAL DE GRADO

**TÍTULO:** REDISEÑO DE UN DINAMÓMETRO DE FUERZA DE AGARRE

**AUTOR:** TRICAS MENDOZA, SANDRA

**FECHA DE PRESENTACIÓN:** Junio, 2020

**APELLIDOS:** TRICAS MENDOZA

**NOMBRE:** SANDRA

**TITULACIÓN:** GRADO DE INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO

**PLAN:**

**DIRECTOR:** MUSTÉ RODRÍGUEZ, MARTA

**DEPARTAMENTO:** DEPARTAMENTO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS EN LA INGENIERIA

**CALIFICACIÓN DEL TFG**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENTE**

**SECRETARIO**

**VOCAL**

**FECHA DE LECTURA:**

**Este Proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales:** ☐ **Sí** ☐ **No**

## RESUMEN

El dinamómetro es un instrumento utilizado para medir fuerzas aplicadas o calcular el peso de los objetos a partir de la elasticidad de un resorte. En este caso, el dinamómetro que va a ser rediseñado es el que se emplea para la investigación de la fuerza de agarre de personas ancianas en geriátricos y, así, son clasificadas según su grado de fragilidad, éste es de la marca Constant modelo 14192-709E (EH101 – 90kg) modificado electrónicamente.

El objetivo de este proyecto es conseguir un rediseño del producto usado para el proyecto “Envellint” que implique un mantenimiento de funcionalidades, un manejo seguro y cómodo, un diseño sencillo y ergonómico, un uso intuitivo y una reducción de material.

Se ha llevado a cabo una serie de pasos para analizar todos los conceptos importantes implicados en el diseño del producto, como el análisis del producto inicial, un estudio de los usuarios, búsqueda de productos actuales en el mercado y el desarrollo de propuestas de rediseño.

Una vez establecidas las pautas que se quieren completar con este rediseño, se han estudiado puntos importantes como son la ergonomía, la facilidad de uso y la estética del mismo. Finalmente, se ha desarrollado la propuesta mejor valorada implementando sobre ella todos los aspectos y cuidando los detalles, tanto de diseño como de fabricación.

### Palabras clave (máximo 10):

Rediseño	Fuerza de agarre	Dinamómetro	Ergonomía
Mano	Anciano	Facilidad de uso	Industrialización
Usuario			

**ABSTRACT**

The dynamometer is an instrument used to measure applied forces or to calculate the weight of objects from the elasticity of a spring. In this case, the dynamometer to be redesigned is the one used to investigate the grip strength of elderly people in geriatrics and, thus, they are classified according to their degree of fragility, this is from the Constant model 14192-709E (EH101 - 90kg) electronically modified.

The objective of this project is to achieve a redesign of the product used for the "Envellint" project that involves maintenance of functions, safe and comfortable handling, simple and ergonomic design, intuitive use and material reduction.

A series of steps have been carried out to analyse all the important concepts involved in the design of the product, such as the analysis of the initial product, a study of the users, the search of current products in the market and the development of redesign proposals.

Once the guidelines to be completed with this redesign have been established, important points such as ergonomics, user-friendliness and aesthetics have been studied. Finally, the best valued proposal has been developed, implementing all aspects of it and taking care of the details, both design and manufacturing.

**Keywords (10 maximum):**

Redesign	Grip strength	Dynamometer	Ergonomy
Hand	Elderly	Easy to use	Industrializing
User			

# SUMARIO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>MOTIVACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>MEMORIA</b>	<b>3</b>
<b>A. INVESTIGACIÓN: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1. FASE DE DISEÑO IN – OUT	3
1.1. Identificación del problema	3
1.2. Mapa mental	4
1.3. Brainstorming	5
1.4. Producto inicial	5
1.5. Conclusiones fase IN – OUT	11
2. FASE DE DISEÑO OUT – IN	12
2.1. Estudio del usuario	12
2.2. Estudio y análisis de referentes	24
2.3. Conclusiones fase OUT – IN	27
<b>B. DESARROLLO: PROPUESTAS Y SOLUCIÓN</b>	<b>28</b>
3. DESARROLLO DE PROPUESTAS	28
3.1. Briefing	28
3.2. Mapa conceptual de soluciones y productos	29
3.3. Diseños conceptuales de posibles soluciones	29
4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN FINAL	34
4.1. Diseño global	34
4.2. Diseño de detalle	34
5. INTERACCIÓN PRODUCTO – USUARIO	36
5.1. Usabilidad del producto	36
5.2. Estudio antropométrico	38
6. DEFINICIÓN FORMAL Y DIMENSIONAL DEL PRODUCTO FINAL	42
7. DISEÑO Y ESTÉTICA	43
7.1. Nombre del producto	43
7.2. Análisis tipográfico	43
7.3. Gráfica del producto	44
7.4. Color	45
<b>C. INDUSTRIALIZACIÓN DEL PRODUCTO</b>	<b>47</b>
8. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MATERIALES	47
8.1. Justificación de los materiales escogidos	47
8.2. Características técnicas de los materiales escogidos	48
9. ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	51
9.1. Obtención de materiales	51
9.2. Proceso de fabricación	53
10. EMBALAJE Y TRANSPORTE	55
<b>CÁLCULOS, ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RESISTENCIA</b>	<b>57</b>
11. ANÁLISIS DE RESISTENCIA	57
12. CÁLCULOS	59

<b>PLANOS.....</b>	<b>60</b>
13. PLANOS DE DETALLE Y DEFINICIÓN .....	60
<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>62</b>
14. PLIEGO DE CONDICIONES .....	62
<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>63</b>
15. PARTIDA DE INGENIERÍA .....	63
15.1. Tarifa de ingeniería .....	63
15.2. Conceptos imputables .....	63
16. PARTIDA DE FABRICACIÓN.....	65
16.1. Tarifa de fabricación .....	65
16.2. Coste piezas a fabricar .....	65
16.3. Total partida de fabricación.....	67
17. PARTIDA DE COMPONENTES COMERCIALES.....	68
18. PARTIDA DE MONTAJE .....	69
18.1. Tarifa de montaje .....	69
18.2. Total partida de montaje .....	69
19. COSTE TOTAL .....	70
20. COSTE TOTAL CON PREVISIÓN DE VENTAS.....	71
20.1. Partida de ingeniería.....	71
20.2. Partida de fabricación.....	71
20.3. Partida de componentes comerciales .....	73
20.4. Partida de montaje .....	74
20.5. Coste total .....	74
21. PUNTO DE EQUILIBRIO.....	75
21.1. Costes fijos.....	75
21.2. Costes variables .....	75
21.3. Punto de equilibrio .....	76
<b>IMPACTO AMBIENTAL Y CICLO DE VIDA.....</b>	<b>77</b>
22. IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PRODUCTO.....	77
22.1. Obtención de materiales .....	77
22.2. Producción .....	78
22.3. Distribución .....	78
22.4. Uso.....	78
22.5. Fin de vida – reciclado .....	78
<b>COMUNICACIÓN DEL PRODUCTO.....</b>	<b>80</b>
23. DEFINICIÓN FINAL DEL PRODUCTO.....	80
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>84</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>87</b>

## SUMARIO DE FIGURAS

FIG. 1: MAPA MENTAL DEL DINAMÓMETRO.....	4
FIG. 2: BRAINSTORMING DE LAS POSIBLES Y ACTUALES POSIBILIDADES DE UN DINAMÓMETRO .....	5
FIG. 3: LOGOTIPO DE LA MARCA CONSTANT [1] .....	6
FIG. 4: DINAMÓMETRO CONSTANT ORIGINAL.....	6
FIG. 5: DETALLE DEL AJUSTE .....	7
FIG. 6: EXPLOSIONADO DINAMÓMETRO CONSTANT EH101.....	8
FIG. 7: DETALLE MECÁNICO DINAMÓMETRO CONSTANT EH101 .....	9
FIG. 8: DETALLE UNIÓN PIEZAS DINAMÓMETRO CONSTANT EH101 .....	9
FIG. 9: DETALLE ELECTRÓNICA DINAMÓMETRO CONSTANT EH101 .....	10
FIG. 10: DINAMÓMETRO CONSTANT EH101 MODIFICADO .....	10
FIG. 11: CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL AÑADIDO .....	11
FIG. 12: SKECTH 1 DEL ESTUDIO ETNOGRÁFICO DE GERIATRA .....	22
FIG. 13: SKECTH 2 DEL ESTUDIO ETNOGRÁFICO DE GERIATRA – PACIENTE.....	22
FIG. 14: SKECTH 3 DEL ESTUDIO ETNOGRÁFICO DE INVESTIGADOR .....	23
FIG. 15: DINAMÓMETRO JAMAR PLUS .....	24
FIG. 16: DINAMÓMETRO BASELINE .....	25
FIG. 17: DINAMÓMETRO REFURBISHHOUSE.....	25
FIG. 18: DINAMÓMETRO KERN.....	25
FIG. 19: DINAMÓMETRO LYDIANZI.....	26
FIG. 20: DINAMÓMETRO SHIYN .....	26
FIG. 21: DINAMÓMETRO LFANH .....	26
FIG. 22: PROPUESTA DE REDISEÑO 1.....	30
FIG. 23: PROPUESTA DE REDISEÑO 2.....	30
FIG. 24: PROPUESTA DE REDISEÑO 3.....	31
FIG. 25: PROPUESTA DE REDISEÑO 4.....	31
FIG. 26: BOCETO INICIAL REDISEÑO DINAMÓMETRO .....	34
FIG. 27: MECANISMO REDISEÑO .....	35
FIG. 28: RANURA CARGADOR TIPO C.....	35
FIG. 29: POSICIÓN DE MEDICIÓN DE LA FUERZA.....	36
FIG. 30: PASOS REALIZACIÓN FUERZA DE AGARRE .....	37
FIG. 31: MEDIDAS DE LA MANO. SEGÚN NORMA DIN 33402 2ª PARTE. [10] .....	38
FIG. 32: MEDIDAS RESPECTIVAMENTE EN LA ARTICULACIÓN. SEGÚN NORMA DIN 33 402. 2ª PARTE. [10] .....	40
FIG. 33: PLANO DIMENSIONAL DEL REDISEÑO EN MM.....	42
FIG. 34: ANÁLISIS TIPOGRÁFICO .....	43
FIG. 35: TIPOGRAFÍA ESCOGIDA .....	44

FIG. 36: SÍMBOLOS DE RECICLADO PARA PLÁSTICO .....	44
FIG. 37: MARCADO CE .....	45
FIG. 38: EJEMPLO DE CÓDIGO DE BARRAS .....	45
FIG. 39: COMBINACIÓN DE COLORES .....	46
FIG. 40: SÍMBOLO RECICLAJE NORMA ISO 11469 (DIN 58840) .....	49
FIG. 41: ESTRUCTURA BÁSICA DE UN TORNO CNC .....	53
FIG. 42: ESTRUCTURA BÁSICA DE LAS MÁQUINAS DE MOLDEO POR INYECCIÓN .....	54
FIG. 43: CAJA PLEGABLE CON ASA - PACKAGING .....	55
FIG. 44: PACKAGING EXPOSICIÓN .....	56
FIG. 45: MECANISMO ANALIZADO .....	57
FIG. 46: ANÁLISIS DE RESISTENCIA DEL MECANISMO .....	58
FIG. 47: ANÁLISIS DE RESISTENCIA DEL MECANISMO .....	58
FIG. 48: ESQUEMA DEL ECODISEÑO [25] .....	77
FIG. 49: GRÁFICO TIPOS DE RECICLAJE SEGÚN CALIDAD DEL PRODUCTO Y CONTAMINACIÓN [3] .....	79
FIG. 50: SKETCH DEL DISEÑO CON MANO EJERCIENDO FUERZA .....	80
FIG. 51: DISEÑO FINAL DETALLE MARCA Y LED .....	81
FIG. 52: DISEÑO FINAL DETALLE INTERRUPTOR Y CONEXIONES .....	82



## SUMARIO DE TABLAS

TABLA 1: INFORMACIÓN SOBRE DINAMÓMETRO CONSTANT [2] .....	7
TABLA 2: TABLA DE LA CADENA DE USUARIOS.....	12
TABLA 3: TABLA DE TIPOS DE USUARIO .....	13
TABLA 4: TABLA DE SECUENCIA DE OPERACIONES DEL ANCIANO .....	13
TABLA 5: TABLA DE SECUENCIAS DE OPERACIONES DEL GERIATRA .....	13
TABLA 6: BRIEFING DE DISEÑO .....	28
TABLA 7: MAPA CONCEPTUAL DE SOLUCIONES Y PRODUCTOS.....	29
TABLA 8: TABLA COMPARATIVA DE LAS PROPUESTAS DE DISEÑO .....	32
TABLA 9: TABLA COMPARATIVA DE LAS PROPUESTAS DE DISEÑO EVALUANDO LAS CARACTERÍSTICAS ..	33
TABLA 10: DIMENSIONES EN CM. PERCENTIL. SEGÚN NORMA DIN 33402 2ª PARTE. [10] .....	39
TABLA 11: DIMENSIONES ARTICULACIÓN EN CM. PERCENTIL. SEGÚN NORMA DIN 33 402. 2ª PARTE. [10] .....	41
TABLA 12: LA VIBRACIÓN DE LOS COLORES EN LA METAFÍSICA. SAINT GERMAIN .....	46
TABLA 13: CARACTERÍSTICAS ABS [11] .....	49
TABLA 14: CARACTERÍSTICAS ALUMINIO [12] .....	50
TABLA 15: CARACTERÍSTICAS INOX [13] .....	50
TABLA 16: TARIFAS DE INGENIERÍA .....	63
TABLA 17: COSTES DE INGENIERÍA .....	64
TABLA 18: TARIFA DE FABRICACIÓN.....	65
TABLA 19: COSTE FABRICACIÓN UNITARIA PTMECA001.....	65
TABLA 20: COSTE FABRICACIÓN UNITARIA PTMECA002.....	66
TABLA 21: COSTE FABRICACIÓN UNITARIA PTDINA001 .....	66
TABLA 22: COSTE FABRICACIÓN UNITARIA PTDINA002 .....	66
TABLA 23: COSTE FABRICACIÓN UNITARIA PTDINA003 .....	67
TABLA 24: COSTE FABRICACIÓN UNITARIA PTDINA004 .....	67
TABLA 25: COSTE FABRICACIÓN 1ER PROTOTIPO .....	67
TABLA 26: PARTIDA COMPONENTES COMERCIALES 1ER PROTOTIPO .....	68
TABLA 27: TARIFAS DE MONTAJE .....	69
TABLA 28: TOTAL PARTIDA DE MONTAJE .....	69
TABLA 29: COSTE TOTAL.....	70
TABLA 30: TOTAL PARTIDA INGENIERÍA 500U .....	71
TABLA 31: COSTE FABRICACIÓN PTMECA001 500U .....	71
TABLA 32: COSTE FABRICACIÓN PTMECA002 500U .....	72
TABLA 33: COSTE FABRICACIÓN PTDINA001 500U .....	72
TABLA 34: COSTE FABRICACIÓN PTDINA002 500U .....	72
TABLA 35: COSTE FABRICACIÓN PTDINA003 500U .....	73

TABLA 36: COSTE FABRICACIÓN PTDINA004 500U .....	73
TABLA 37: COSTE TOTAL PARTIDA FABRICACIÓN.....	73
TABLA 38: PARTIDA DE COMPONENTES COMERCIALES.....	74
TABLA 39: COSTE TOTAL.....	74
TABLA 40: COSTES FIJOS.....	75
TABLA 41: COSTES VARIABLES.....	76

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en rediseñar, es decir, mejorar un producto ya existente estudiando la dualidad en el producto y realizando un análisis para evaluarlo.

La realización del proyecto “*Análisis de los resultados de la fuerza de agarre manual para establecer el grado de fragilidad de la población anciana*” como trabajo final de grado de ingeniería mecánica ha sido la principal causa de la realización de la presente memoria.

La investigación anterior consistió en una prueba piloto del proyecto “*ENVELLINT – Envelliment actiu i saludable i dependència*”, en el que se desarrolla un método para realizar pruebas de fuerza de agarre manual a personas de edad avanzada para evaluar la fragilidad, ya que la fuerza de agarre es un indicador fiable de la fuerza general muscular.

El instrumento utilizado para realizar estas pruebas fue un dinamómetro de mano. Un dinamómetro es un instrumento que sirve para medir la fuerza o calcular el peso de algunos objetos con un grado de precisión elevado, fue inventado por Isaac Newton basando su funcionamiento en el estiramiento de un muelle siguiendo la ley de elasticidad de Hooke en el rango de medición.

## OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es el rediseño del dinamómetro de mano que se utiliza actualmente para desarrollar el proyecto “*Envellint*” para ser usado en Centros de Rehabilitación valorando algunas características relacionadas con la fuerza de las manos en personas ancianas, por lo que se quiere lograr adaptar máximamente a los usuarios.

El diseño del dinamómetro debe cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Mantener funcionalidades
- Manejo seguro y cómodo (no resbaladizo)
- Poseer una durabilidad de energía recargable
- Diseño sencillo y ergonómico
- Uso intuitivo
- Ligero

El funcionamiento interno del dinamómetro no será modificado, es decir, no se profundizará sobre la electrónica ni el sistema. Ya que el principal objetivo es realizar un rediseño de forma y mejorar la relación con el usuario.

## MOTIVACIÓN

El desarrollo de este proyecto permite a los consumidores del dinamómetro, en especial a los usuarios relacionados con el desarrollo de las pruebas, cubrir sus necesidades incrementando la facilidad del uso, la simplicidad de diseño, la utilización intuitiva y el potencial ergonómico del producto.

Esta propuesta se ha planteado al utilizar el dinamómetro de mano modificado Constant durante las pruebas de medida de la fuerza de agarre y encontrar dificultades para llevar a cabo la medición.

# MEMORIA

## A. INVESTIGACIÓN: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.

### 1. FASE DE DISEÑO IN – OUT

#### 1.1. Identificación del problema

Un dinamómetro es un instrumento utilizado para medir fuerzas aplicadas o calcular el peso de los objetos a partir de la elasticidad de un resorte o un muelle elástico. La palabra está formada por el término griego *dýnamis* que significa 'fuerza' y el término *metron* que significa 'medida'.

El dinamómetro analizado se utiliza para la investigación de la fuerza de agarre de personas ancianas (mayores de 70 años), para así poder clasificarlas según su fragilidad. Las características de la fuerza son medidas por geriatras en centros pertenecientes al Consorci Sanitari de Garraf, que está formado por el Hospital Sant Antoni Abat (Vilanova i la Geltrú) y el Hospital Residencia Sant Camil – Seu (Sant Pere de Ribes), y a la residencia Casa d'Empara (Vilanova i la Geltrú). Y para finalizar, pasa por manos de un investigador perteneciente al CETpD (Centro de Investigación Técnica de la Atención a la Dependencia y Vida Autónoma) de la UPC que evalúa todas las características extraídas de las señales almacenadas en la tarjeta microSD que forma parte del dinamómetro.

Al analizar la situación del dinamómetro actual, se pueden detectar una serie de problemas a mejorar:

- Añadido para la modificación de un dinamómetro comercial pegado con silicona, por lo que es poco estético, además anula la función de la pantalla LCD.
- Pesado y voluminoso para el transporte frecuente de los geriatras.
- Materiales no sostenibles (ABS)
- Ergonomía poco adaptada para personas de edad avanzada.
- Necesidad de un manual de instrucciones para seguir los pasos de medida, no intuitivo.

Aun así, se realizará un estudio para que los usuarios transmitan sus problemas durante la interacción con el dinamómetro de mano.

## 1.2. Mapa mental

Para obtener una imagen global del estado del dinamómetro actual y todo lo que engloba (materiales, usos, características...) se ha elaborado un mapa mental que permite la visualización de todos estos conceptos de manera clara y concisa.

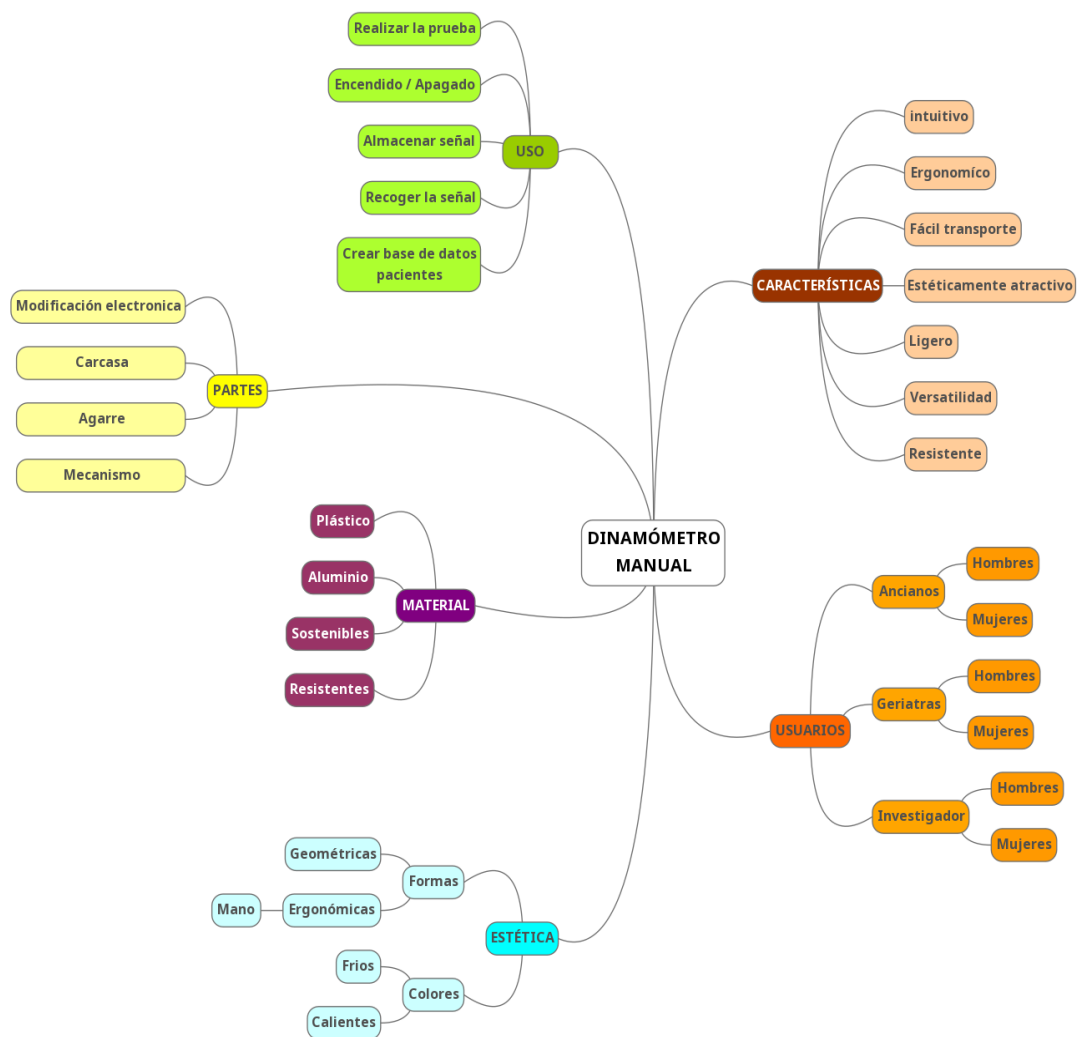


Fig. 1: Mapa mental del dinamómetro

### 1.3. Brainstorming

Para poder determinar una propuesta de valor en el rediseño de este dinamómetro se debe llevar a cabo un brainstorming de los conceptos y/o funciones que actualmente tienen que ver con el dinamómetro y otros que podría adquirir para mejorar el producto.



Fig. 2: Brainstorming de las posibles y actuales posibilidades de un dinamómetro

### 1.4. Producto inicial

Exactamente, el instrumento fue un dinamómetro de mano de la marca *Constant modelo 14192-709E (EH101 – 90 kg)* modificado. Dicha modificación consiste un añadido electrónico que incorpora la posibilidad de registrar la medida de la evolución temporal de la señal, controlar el encendido y el apagado del dispositivo, la activación y finalizado de recogida de datos a través de un interruptor, la conexión bluetooth a una aplicación Android que permite iniciar la medida y nombrar cada una de las muestras, almacenar el contenido en una tarjeta microSD y, entre otros, una batería recargable. El diseño mecánico sigue siendo el original.

### 1.4.1. Dinamómetro Constant



义乌市超澜进出口有限公司  
YIWU CHAOLAN IMPORTS AND EXPORTS CO., LTD.

Fig. 3: Logotipo de la marca Constant [1]

Constant es una empresa China de marca integral en el campo de los instrumentos de pesaje. La compañía fue fundada en 2006 y, a día de hoy, sus productos son exportados a Europa, América, Medio Oriente y otros países.

Este dinamómetro digital fue diseñado como dispositivo de entrenamiento profesional para la fuerza de la mano, es apto para cualquier consulta médica, clínica de fisioterapia, laboratorio de ingeniería o gimnasio.



Fig. 4: Dinamómetro Constant original

El dinamómetro está equipado con un sensor de medición de la tensión de alta precisión, ofrece una capacidad máxima de fuerza de agarre de 90 kg y sus incrementos son de 100 gr. Además, tiene un volumen de almacenamiento de 19 medidas de usuarios definibles con opciones de sexo y edad, ofrece la posibilidad de guardar y recuperar los resultados de las pruebas de cada usuario. Compara las pruebas individuales de cada uno de los 19 usuarios y muestra el aumento progresivo o el descenso desde el último registro. Valora cada prueba como “débil”, “normal” o “fuerte” en función de los datos de edad y sexo introducidos para cada usuario. Añade el apagado automático además de manual, el indicador de batería baja o sobrecarga y funciona con dos pilas.



Mientras se está realizando una prueba, es decir, se está apretando el dinamómetro muestra la cantidad de fuerza que se está ejerciendo en ese momento y una vez que se suelta, se muestra el pico máximo que se ha alcanzado.

#### Información sobre el producto

<b>COLOR</b>	Azul / Gris
<b>MATERIAL</b>	Plástico - ABS
<b>TAMAÑO DE GRIP</b>	90 kgs
<b>PESO</b>	669 g
<b>OPINION USUARIO</b>	4,1/5

Tabla 1: Información sobre dinamómetro Constant [2]

Incluye una rueda ajustable, como se muestra en la siguiente figura, que permite ajustar el dispositivo a distintos tamaños de mano y preferencias para obtener una compresión ideal.



Fig. 5: Detalle del ajuste

## Despiece del dinamómetro

El dinamómetro Constant EH101 se fabrica con los siguientes componentes (ver en la siguiente figura), desde las piezas que constituyen la carcasa estética y robusta hasta las piezas que forman parte de los circuitos mecánicos y electrónicos, detallados a continuación.

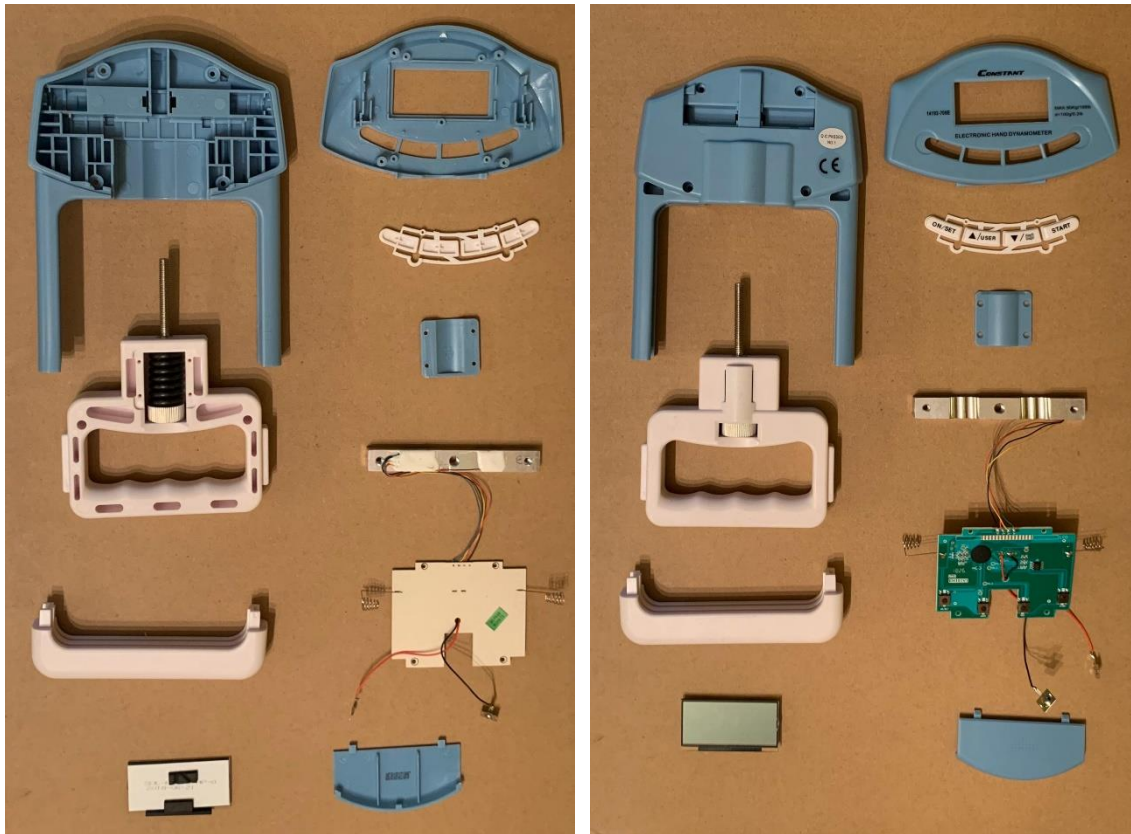


Fig. 6: Explosionado dinamómetro Constant EH101

Este dinamómetro basa su funcionamiento en la elasticidad de un resorte. El usuario mueve la maneta aplicando una fuerza hacia abajo, por lo que el muelle se comprimirá y aplicará una fuerza sobre el resorte. Este resorte está conectado electrónicamente a un circuito electrónico para permitir una medición de tensión de gran precisión.

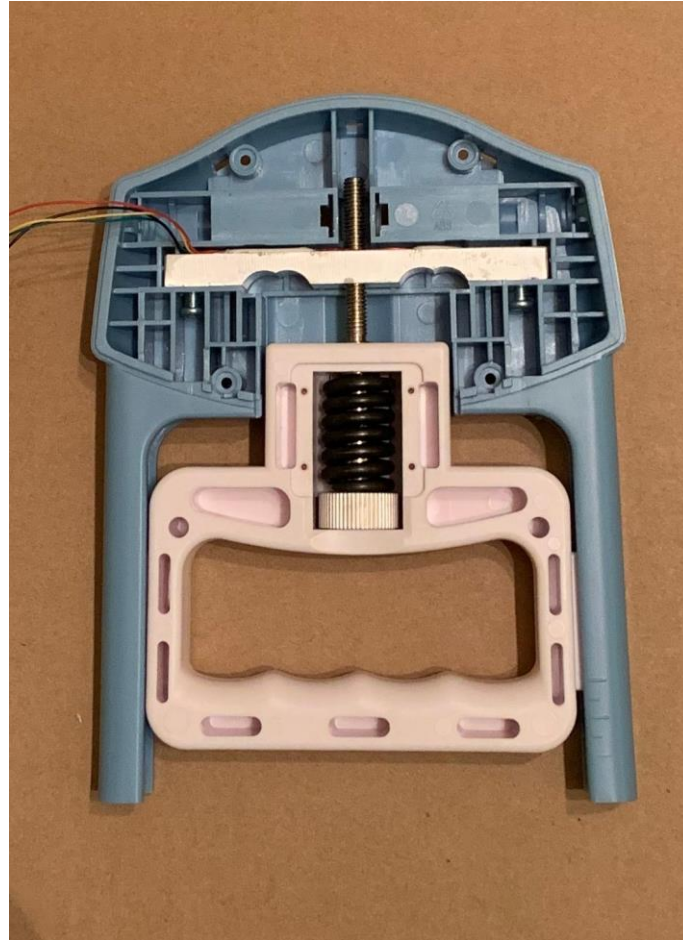


Fig. 7: Detalle mecánico dinamómetro Constant EH101

Como se puede observar en la siguiente figura, la maneta con la que los usuarios descargan toda su fuerza de agarre, se desplaza por la carcasa gracias a una guía.

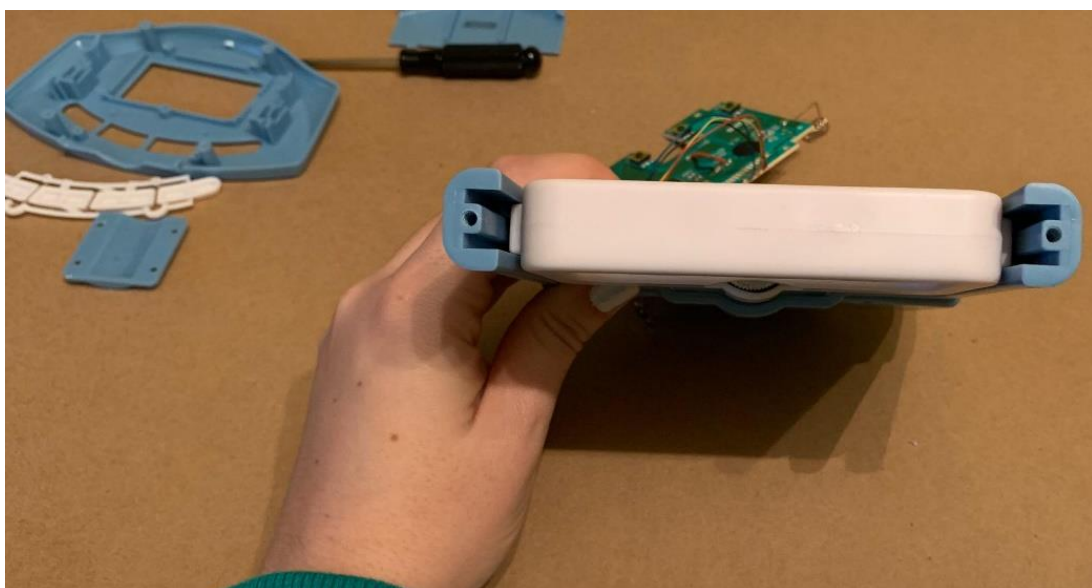


Fig. 8: Detalle unión piezas dinamómetro Constant EH101

La electrónica del dinamómetro es accionada por las conexiones de las pilas. Almacena los datos, los muestra por la pantalla LCD y contiene un mando de control.

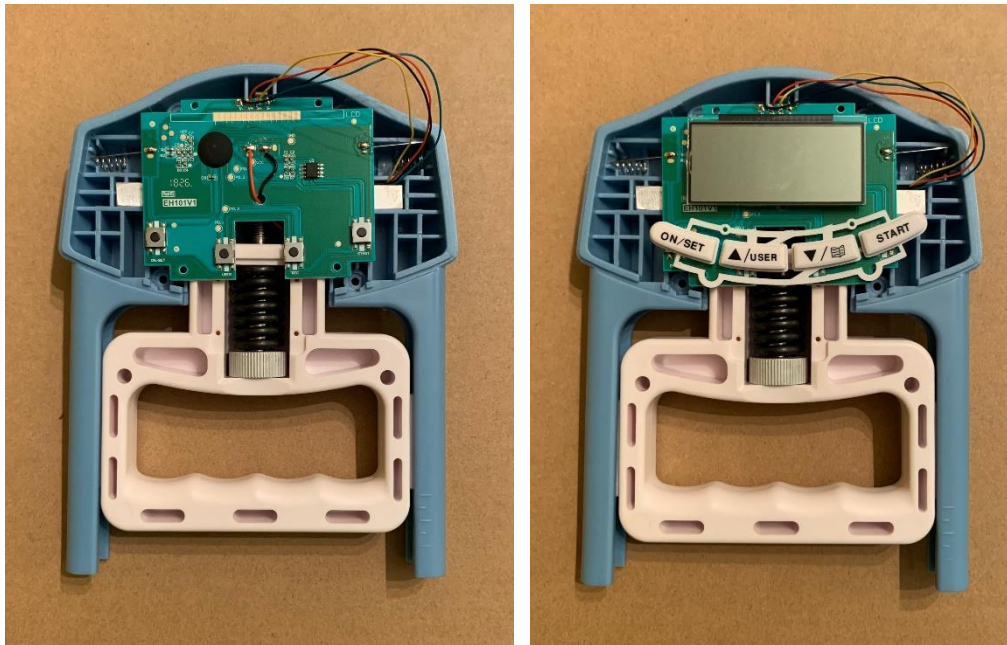


Fig. 9: Detalle electrónica dinamómetro Constant EH101

#### 1.4.2. Dinamómetro modificado

El dispositivo fue modificado con un añadido electrónico diseñado y fabricado en el CETpD que se ha situado en una caja externa en la parte superior, como se muestra en la siguiente figura.



Fig. 10: Dinamómetro Constant EH101 modificado



Este añadido tiene unas dimensiones de 65 mm de ancho, 41 mm de altura y un grosor de 5 mm.

Se ha implementado un circuito en el dinamómetro llamado UMI (Unidad de Medición Inercial) para lograr un monitoreo de los pacientes a largo plazo. Como se puede observar en la siguiente figura, el circuito consta con un interruptor para la activación del almacenamiento de datos y un módulo de lectura y escritura de tarjetas microSD.

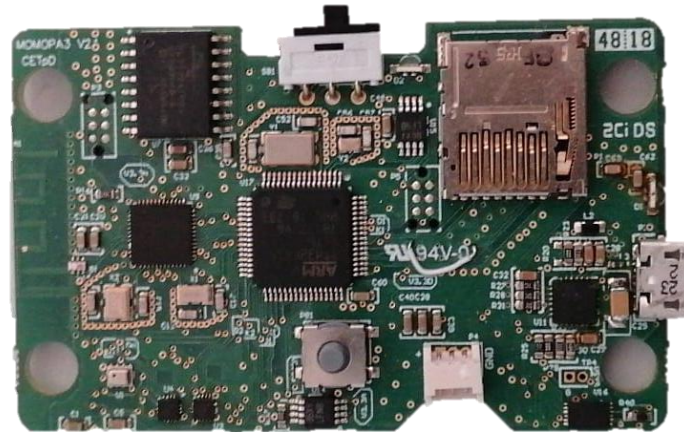


Fig. 11: Circuito electrónico del añadido

## 1.5. Conclusiones fase IN – OUT

Después de esta primera parte de la investigación y llevar a cabo ciertas técnicas de creatividad para obtener una primera imagen del estado actual del dinamómetro y que problemas presenta, se han podido determinar una serie de puntos a mejorar en el diseño para redefinir el dinamómetro actual.

Los puntos destacados después de la primera fase de investigación han sido los siguientes:

- Integrar modificación electrónica en el diseño.
- Forma ergonómica para facilitar la comodidad en el uso.
- Accesibilidad rápida para estudiar las señales obtenidas.
- No modificar el mecanismo.

Posibilidad de suprimir las funciones anuladas por la modificación, como son la pantalla y el almacenamiento de las medidas de fuerza máxima.

## 2. FASE DE DISEÑO OUT – IN

### 2.1. Estudio del usuario

Al realizar una investigación de mercado, los dinamómetros que se venden en el mercado están dirigidos a usuarios especializados, como son los fisioterapeutas o personas que quieren fortalecer sus manos. Aunque pueden utilizarla particulares que la utilicen en su casa o en empresas.

Todos los usuarios no estarán interesados en este producto ya que va a ser diseñado debido a las necesidades específicas que han sido explicadas anteriormente y obtenidas mediante la realización de la prueba de medición de la fuerza de agarre. Por ello, el segmento del mercado al que va dirigido este producto serán usuarios dedicados a la investigación, personas con edad laboral sin importar sexo ni origen demográfico.

Aunque los verdaderos usuarios serán personas de la tercera edad con un posible nivel de fragilidad. Éstos serán procedentes de la Comarca del Garraf, podrán ser tanto hombres como mujeres y sin un nivel de estudios mínimo, por lo que podría darse el caso de un anciano analfabeto.

#### 2.1.1. Análisis del usuario

Durante el tiempo de vida del dinamómetro, pasará por varios usuarios, explicados en la siguiente tabla:

##### CADENA DE USUARIOS

USUARIOS	EVALUACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Fabricante	Menor	Eventual
Transportista	Menor	Eventual
Vendedor (empresa)	Mayor	Vende el producto a la tienda
Vendedor (tienda)	Mayor	Aconseja a los usuarios desde la tienda
Consumidor	Crítico	Utiliza el producto
Soporte técnico	Mayor	Encargado de arreglar el producto si alguno elemento falla

Tabla 2: Tabla de la cadena de usuarios

Se ha estudiado el consumidor en la siguiente tabla, ya que es el tipo de usuario crítico.

#### TIPO DE USUARIO: CONSUMIDOR

TIPO DE RELACIÓN	EVALUACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Anciano que realiza la prueba	Crítico	Interactúa directamente con el producto
Geriatra que realiza la prueba	Mayor	Interactúa con el producto sin utilizarlo directamente
Investigador que analiza los datos	Menor	No interactúa directamente con el producto

Tabla 3: Tabla de tipos de usuario

A continuación, se han desarrollado los dos consumidores más críticos que son el Anciano que realiza la prueba y el geriatra que realiza la prueba.

#### TIPO DE CONSUMIDOR: ANCIANO

SECUENCIA DE OPERACIONES	EVALUACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Colocar correctamente el producto (según protocolo)	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente
Comenzar la prueba a partir del aviso	Mayor	Necesario para realizar la prueba, pero puede tardar unos segundos
Agarrar correctamente de la palanca de apriete	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente
Soltar la palanca de apriete a partir del aviso	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente

Tabla 4: Tabla de secuencia de operaciones del anciano

#### TIPO DE CONSUMIDOR: GERIATRA

SECUENCIA DE OPERACIONES	EVALUACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Transportar el producto al lugar donde se va a realizar la prueba	Menor	Eventual
Encender el producto	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente
Darle el producto al usuario que realice la prueba	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente
Verificar que coloque el producto en la posición correcta (según protocolo)	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente
Indicar el inicio y el final del agarre al usuario que realiza la prueba	Crítico	Necesario para realizar la prueba correctamente
Retirar el producto al usuario que realiza la prueba	Menor	Se puede hacer en otro momento
Apagar el producto	Mayor	Si no lo hace, puede agotarse la batería
Guardar el producto hasta la siguiente prueba	Menor	Se puede hacer en otro momento

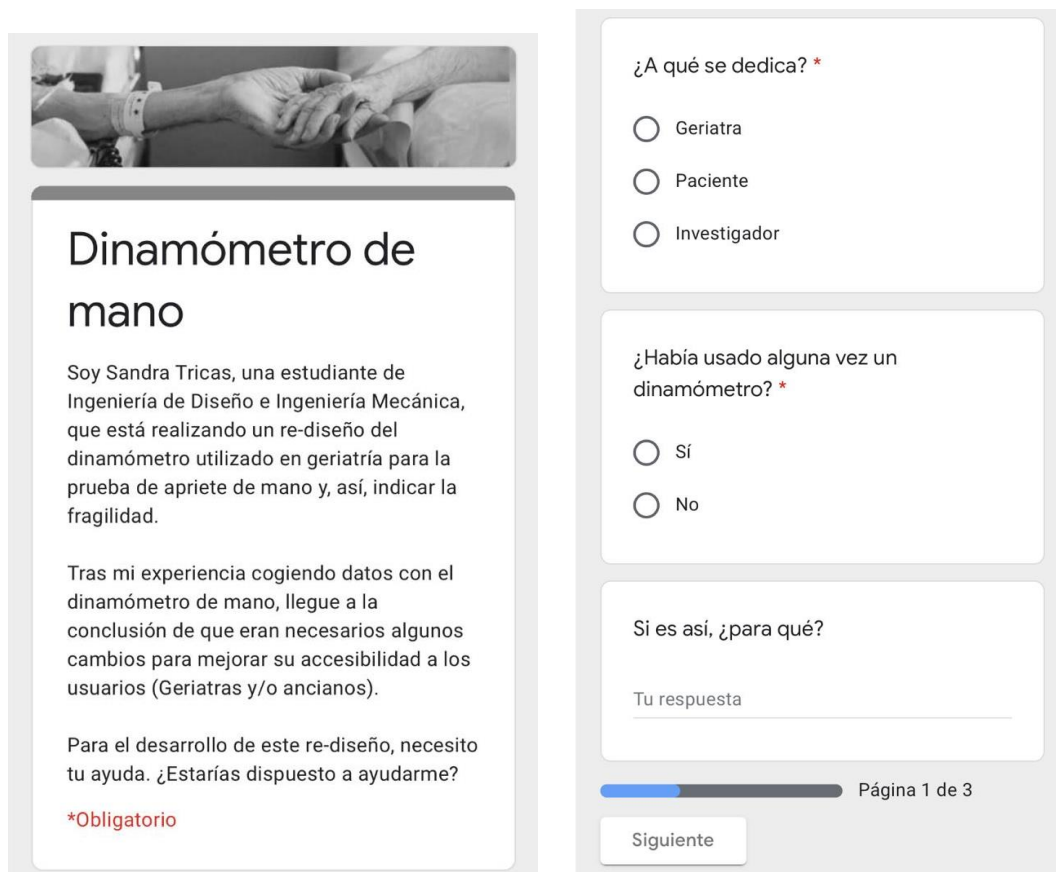
Tabla 5: Tabla de secuencias de operaciones del geriatra

## 2.1.2. Encuesta al usuario

Una parte esencial a la hora de diseñar un producto es saber cuáles son los hábitos actuales de los usuarios con el producto actual, así como las necesidades durante el uso del producto o servicio a mejorar. Por eso se ha creído necesario el desarrollo de una encuesta a los usuarios que están actualmente utilizando el dinamómetro.

La encuesta se ha dividido en tres partes, la primera ayuda a identificar con el tipo de usuario que se va a estudiar y lo familiarizado que está con el dinamómetro. La segunda parte está formada por una serie de preguntas centradas en el dinamómetro como producto a mejorar. Y, por último, preguntas realizadas a las personas que interactúan frecuentemente con el dinamómetro (geriatras e investigadores) para analizar las dificultades con las que se ha encontrado.

A continuación se observa el formato de la encuesta y las preguntas realizadas:



The screenshot shows a survey form titled "Dinamómetro de mano". At the top left, there is a small image of a hand holding a device. The main text of the survey is as follows:

**Dinamómetro de mano**

Soy Sandra Tricas, una estudiante de Ingeniería de Diseño e Ingeniería Mecánica, que está realizando un re-diseño del dinamómetro utilizado en geriatría para la prueba de apriete de mano y, así, indicar la fragilidad.

Tras mi experiencia cogiendo datos con el dinamómetro de mano, llegue a la conclusión de que eran necesarios algunos cambios para mejorar su accesibilidad a los usuarios (Geriatras y/o ancianos).

Para el desarrollo de este re-diseño, necesito tu ayuda. ¿Estarías dispuesto a ayudarme?

**\*Obligatorio**

The survey questions and options are:

- ¿A qué se dedica? \*
  - ☐ Geriatra
  - ☐ Paciente
  - ☐ Investigador
- ¿Había usado alguna vez un dinamómetro? \*
  - ☐ Sí
  - ☐ No
- Si es así, ¿para qué?  
Tu respuesta

At the bottom, there is a progress bar showing the first page of three, and a "Siguiente" (Next) button.





## Dinamómetro de mano

\*Obligatorio

### Dinamómetro de mano

Valora la importancia que tienen para ti los siguientes conceptos en el dinamómetro.

¿Cómo es de importante? \*

	Nada	Poco	Medio	Mucho
Adaptación a la mano	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ligereza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estética	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamaño reducido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Funcionalidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intuición	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Es molesto el añadido de la parte delantera? \*

- ☐ Sí
- ☐ No

¿Qué más valoraría en el diseño del dinamómetro? \*

- ☐ Materiales sostenibles
- ☐ Comodidad
- ☐ Materiales reciclables
- ☐ Colores llamativos
- ☐ Sencillez
- ☐ Duración de la batería
- ☐ Tacto y dureza de la maneta de apriete
- ☐ Otro: \_\_\_\_\_


¿Qué cambiaría si pudiera? \*

Tu respuesta

Página 2 de 3

Atrás

Siguiente



## Dinamómetro de mano

### Dinamómetro de mano

¡¡ÚNICAMENTE PARA GERIATRAS y/o INVESTIGADORES!!

Valoración del funcionamiento del dinamómetro para realizar las pruebas.

¿Transporta el dinamómetro?

☐ Sí

☐ No

☐ Otro: \_\_\_\_\_

Si es así, ¿cómo lo hace?

☐ En la caja original

☐ En un bolso/mochila

☐ En una bolsa

☐ No lo transporto

☐ Otro: \_\_\_\_\_

¿Le es cómodo?

☐ Sí

☐ No

☐ Otro: \_\_\_\_\_

¿Con qué dificultades se ha encontrado?

☐ Encenderlo

☐ Ver la luz que indica el inicio de la prueba

☐ Complejidad del proceso

☐ Contar los 6 segundos

☐ Apagarlo

☐ Otro: \_\_\_\_\_

¿Tiene problemas con la aplicación a la hora de accionarlo?

☐ Sí

☐ No

Página 3 de 3

Atrás

Enviar

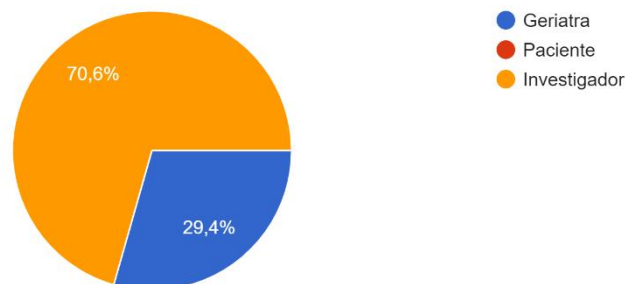
Se han tenido problemas para obtener un gran número de respuestas, ya que únicamente hay cinco geriatras realizando la prueba y con posibilidad de acceder a los pacientes que están realizando las pruebas en la actualidad, además hubiera sido necesario incluirlo en la documentación de la realización de la prueba y haberlo pasado por el comité ético, y, por lo que, actualmente no se les puede pedir a los geriatras que añadan cuestionarios fuera de los convenios o de los permisos.

Por ello, esta encuesta solo cuenta con la opinión de 17 usuarios, siendo estos investigadores y/o geriatras, una muestra demasiado pequeña para poder extraer

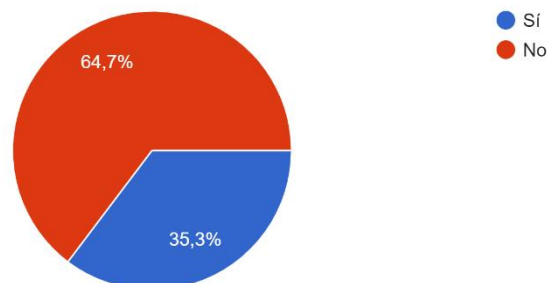
conclusiones determinantes, pero serán valoradas para la importancia de la interacción usuario – producto, ya que son usuarios directos a este producto.

Para analizar los resultados se han creado diversos gráficos para sintetizar y poder extraer conclusiones, los gráficos muestran el porcentaje para poder visualizar que predomina en cada punto.

¿A qué se dedica?  
17 respuestas



¿Había usado alguna vez un dinamómetro?  
17 respuestas



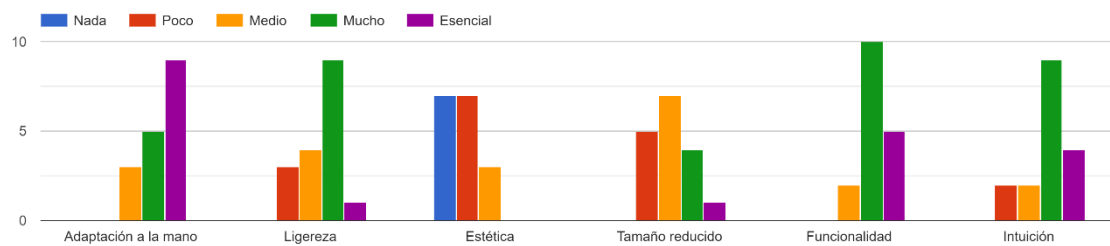
Si es así, ¿para qué?  
6 respuestas

Desarrollo
Para trabajo de investigación
Medición fuerza
Ensayos
Investigación
Rehabilitación

Los entrevistados se han dividido según el tipo de usuario y si están o no acostumbrados a trabajar con un dinamómetro, para saber lo influenciados que pueden estar.

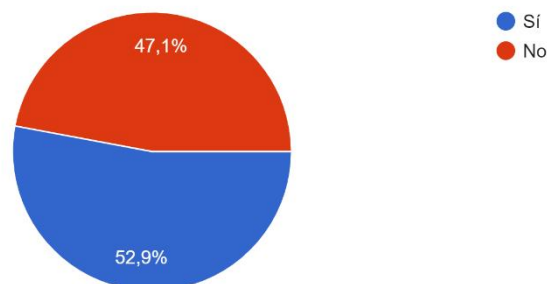
La siguiente parte es para estudiar la importancia de las características del dinamómetro según cada uno de los usuarios.

¿Cómo es de importante?



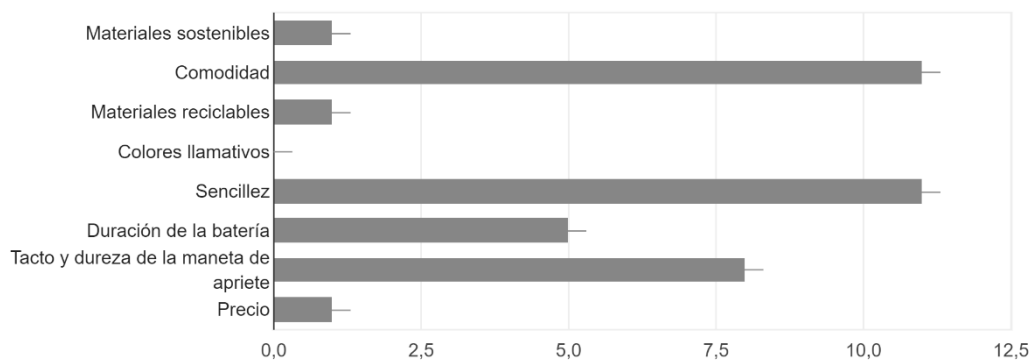
¿Es molesto el añadido de la parte delantera?

17 respuestas



¿Qué más valoraría en el diseño del dinamómetro?

17 respuestas



¿Qué cambiaría si pudiera?

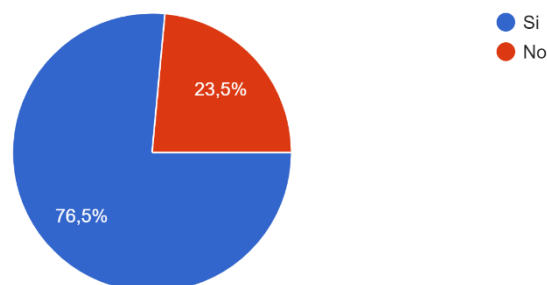
17 respuestas

Proceso
Complejidad
Tacto
Ligereza
el mecanismo de ajuste de la distancia de la maneta
el peso
La dureza en el tacto
Intuición
Simplicidad
Botones
Diseño más simple
Diseño
Tamaño
complejidad en el proceso

Y la última parte, para estudiar la funcionalidad del dinamómetro en los geriatras o investigadores, ya que los pacientes únicamente lo utilizan para agarrar, mientras que los geriatras le indican cómo hacerlo.

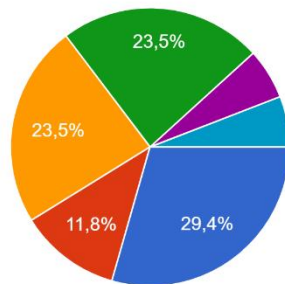
¿Transporta el dinamómetro?

17 respuestas



Si es así, ¿cómo lo hace?

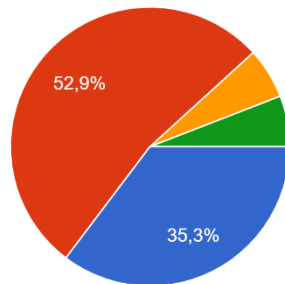
17 respuestas



- En la caja original
- En un bolso/mochila
- En una bolsa
- No lo transporto
- trayectos en residencia en bolsillo, fuera en caja
- En el bolsillo

¿Le es cómodo?

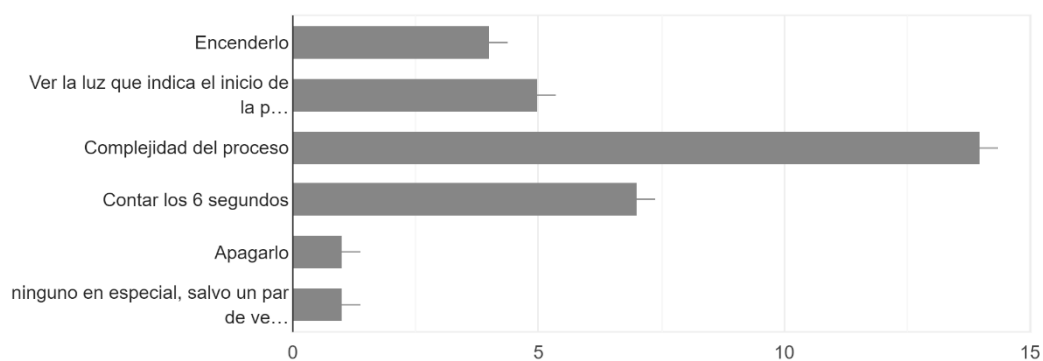
17 respuestas



- Sí
- No
- a medias
- No lo transporto

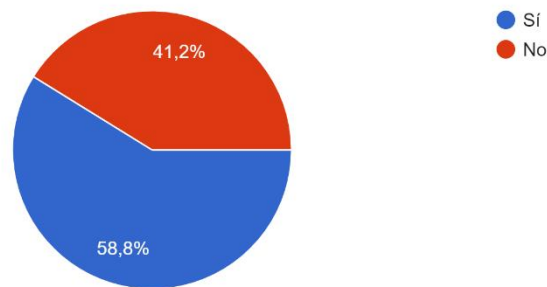
¿Con qué dificultades se ha encontrado?

16 respuestas



¿Tiene problemas con la aplicación a la hora de accionarlo?

17 respuestas



Tras realizar esta encuesta a los usuarios que han utilizado el dinamómetro para realizar las pruebas en residencias de tercera edad, se ha confirmado que debería existir un diseño exclusivo para el desarrollo de esta investigación.

Se puede observar que los usuarios quieren un diseño con facilidad para adaptarse a la mano perfectamente y, además, tener el mínimo peso posible ya que lo transportan de un sitio a otro.

Aun así, se deberían haber encuestado a todas las personas que tienen relación con el dinamómetro pero no nos ha sido posible debido a normativa y a que las pruebas todavía no han sido desarrolladas como estaba previsto.

### 2.1.3. Estudio etnográfico

Para poder analizar mejor la interacción usuario – producto se ha creado un estudio etnográfico dónde se han analizado las muestras de situaciones diferentes posibles. Estas muestras han sido recogidas en el seguimiento del uso de un dinamómetro durante la realización de las pruebas y el estudio de cada una de las señales obtenidas.



Fig. 12: Skech 1 del estudio etnográfico de geriatra

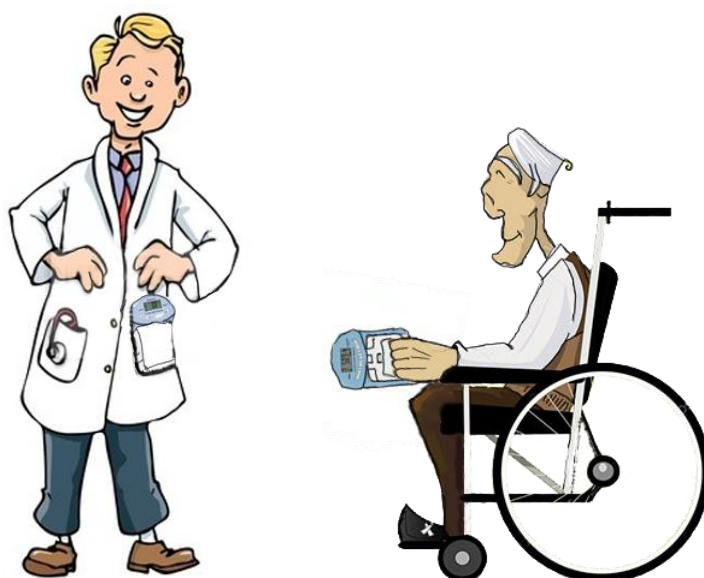


Fig. 13: Skech 2 del estudio etnográfico de geriatra – paciente





Fig. 14: Skecth 3 del estudio etnográfico de investigador

En las anteriores figuras se observan diferentes situaciones en las que se puede encontrar el uso del dinamómetro en cada uno de los usuarios, es decir, geriatras, pacientes e investigadores.

Los geriatras son las personas que más interactúan con el dinamómetro al supervisar la ejecución de las pruebas. El dinamómetro es transportado por todo el centro residencial, ya sea en su propia caja, en el bolsillo de la bata o en la mano del geriatra, por ello debe ser lo más ligero posible. Además en la hora de la realización de las pruebas, los geriatras tienen que poner a punto el dinamómetro, lo que hace necesaria la intuición en el procedimiento.

Los pacientes deben seguir un protocolo creado para realizar la prueba de fuerza desarrollado por los investigadores, por lo que hay que respetarlo. Esto limita el rediseño y se debe realizar un estudio ergonómico, así elaborar un producto que se adapte al mayor número de usuarios.

Los investigadores necesitan un acceso a los datos con facilidad, es decir, una manera de transferir los datos extraídos al ordenador para analizarlos, rápida, segura y cómoda.

## 2.2. Estudio y análisis de referentes

Actualmente, existen al menos dos tipos de dinamómetros:

- **Dinamómetro mecánico:** se trata de los dinamómetros tradicionales en la misma línea del desarrollado por Newton. No requieren energía para su funcionamiento. Ofrecen una mayor precisión, su rango de diferencia es de 0,3%.
- **Dinamómetro digital:** son aquellos que utilizan instrumentos de medición digitales. Su mecanismo es mucho más complejo. Requieren de fuentes de energía para su funcionamiento, como son las baterías o la corriente eléctrica.

Al estar analizando un dinamómetro manual digital, únicamente se van a estudiar los aparatos que sean competentes, es decir, que tengan aplicaciones y características similares como son:



### Jamar Plus – Dinamómetro digital de mano [3]

Adecuado para pruebas rutina de fuerza de agarre y evaluación inicial y permanente. El cuerpo está construido con aluminio con un recubrimiento resistente a arañazos y a la radiación UV. Lectura en la pantalla LCD de la fuerza de agarre de 0 – 90 kg. Dinamómetro hidráulico. Contiene señales acusticas para un rápido intercambio de pruebas. Memoria de 20 resultados. Calcula automáticamente medias, desviaciones y coeficientes de variación. Funciona con pilas AAA. Precio: 321,64€

Fig. 15:  
Dinamómetro  
Jamar Plus

### Baseline – Dinamómetro neumático [4]



Fig. 16: Dinamómetro Baseline

El dinamómetro viene disponible con una esfera en la cual le indica la fuerza máxima. La pera está hecha de silicona para asegurar una sensación confortable. Está diseñado para dar una lectura exacta desde 0 hasta 13 kg de fuerza. Las dimensiones del producto son 152 x 102 x 102 mm. El peso es de 358 g. Precio: 52,02€

### REFURBISHHOUSE – Dinamómetro de mano medidor de medición de la fuerza de agarre [5]



Fig. 17: Dinamómetro REFURBISHHOUSE

Diseñado ergonómicamente para adaptarse a diferentes tamaños de la manos. El cuerpo está fabricado de ABS, el tamaño es de 10,5 x 15 cm. Contiene un error de medición de  $\pm 3$ kg. El dial es fácilmente ajustable para leer fuerzas desde 0 hasta 130 kg. Analógico. Precio: 4,05€

### Dinamómetro Kern MAP 80K1S [6]



Fig. 18: Dinamómetro KERN

Es un producto creado especialmente para su uso en centros de rehabilitación y, así, determinar la fuerza de agarre de la mano. Tiene cuatro modos: tiempo real (indica la fuerza actual), valor máximo (indica la fuerza máxima ejercida), promedio (calcula el promedio de la fuerza ejercida) y contaje (cuenta el número de veces que al ejercer la presión se sobrepasa una fuerza límite determinada de antemano). Función AUTO-OFF para reducir energía. Agarres de goma para evitar resbalar y

aumentar la comodidad. Resortes intercambiables para adaptar a diferentes tamaños de manos. Las dimensiones totales son 55 x 88 x 212 mm. Fuerza máxima para medir de 80 kg. Precio: 279,65€

### LYDIANZI – Dinamómetro digital de agarre [7]



Fig. 19: Dinamómetro LYDIANZI

El ejercitador de agarre está incorporado en la pantalla LCD con líneas dobles de contador. El diseño ergonómico se adapta a todos los tamaños de la mano, ranura y empuñadura antideslizantes para proporcionar la máxima comodidad. Contiene una función de reinicio para renovar la pantalla. Está fabricado de ABS y varios componentes electrónicos. Su peso es de 130 g. La fuerza es de 10kg. Dimensiones de 140x108x32 mm.



Fig. 20: Dinamómetro SHIYN

### SHIYN – Fortalecedor de agarre, medidor digital de la fuerza de agarre [8]

Es un medidor digital de agarre mecánico. Está fabricado con ABS, pesa 140 g y su volumen es de 200 x 90 x 40mm. Su fuerza máxima es de 46 kg. Es un diseño ergonómico, cómodo y compacto con un agarre ajustado a cuatro dedos para hacer un mejor uso de la fuerza. Precio: 37,37€



Fig. 21: Dinamómetro LFANH

### LFANH 10 – Ejercitador fortalecedor de mano, dinamómetro digital de fuerza de agarre [9]

Este producto está diseñado ergonómicamente para sostener con y sin desplazamiento, los niveles de resistencia de 10-60kg se pueden ajustar en su condición real, fácil de usar. Es una herramienta de ayuda eficaz de la tensión y la terapia de rehabilitación de lesiones. Fabricado con acero y PP (Polipropileno). Las dimensiones del producto son 160x100 mm y tiene un peso de 200g. Precio: 28,99€

## 2.3. Conclusiones fase OUT – IN

Una vez realizada la segunda fase de la investigación, se han focalizado los objetivos que se quieren conseguir con el rediseño del dinamómetro. Esta segunda fase ha sido un punto de comunicación vital con los usuarios directos del dinamómetro, así como un análisis objetivo de su uso, la opinión de los usuarios y, sobre todo, una visión general de todas las soluciones o posibilidades que existen actualmente en el mercado.

Después de toda esta investigación se han determinado las siguientes conclusiones para establecer objetivos:

- El dinamómetro es un objeto que es transportado por los geriatras en todo momento, es decir, reducir el peso y el tamaño.
- Este dinamómetro es usado exclusivamente para el desarrollo de la investigación, por ello, se deben escoger las funciones que incorporará el dinamómetro y, así, satisfacer todas las necesidades y/o requerimientos.
- Importancia de mantener postura determinada por el protocolo para realizar la prueba, pero suavizar la fuerza de la maneta de agarre.
- Los diseños más versátiles de los dinamómetros electrónicos son los de coste más elevado.

## B. DESARROLLO: PROPUESTAS Y SOLUCIÓN

### 3. DESARROLLO DE PROPUESTAS

#### 3.1. Briefing

Para tener claros todos los requerimientos que debe cumplir el rediseño del dinamómetro, se ha elaborado un briefing donde se recoge de manera clara y concisa todos los aspectos a tener en cuenta.

INFORMACIÓN GENERAL
Dinamómetro para la prueba de medición de la fuerza de agarre de mano en personas ancianas.
PÚBLICO OBJETIVO
Dinamómetro enfocado para los investigadores de la fuerza de agarre, especialmente la de personas mayores. Aunque son utilizados por los geriatras.
MATERIALES
Reciclables. Resistentes. Ligeros.
REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS
Adaptable al agarre de la mano de personas ancianas. Tacto y dureza de la maneta de apriete.
REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO
Transportable. Integración mecanismo y electrónica. Sencillez. Tamaño reducido. Uso intuitivo.
REQUERIMIENTOS DEL PROCESO
Funcionalidades concretas para realizar la prueba de medición. Durabilidad de la batería. Disminuir la complejidad del proceso.
OTROS REQUERIMIENTOS
Precio asequible para compras en gran cantidad.

Tabla 6: Briefing de diseño

### 3.2. Mapa conceptual de soluciones y productos

Una vez definidos los objetivos del rediseño del dinamómetro, otra parte esencial es determinar cuáles son los principales problemas del diseño actual, los cuales se han ido comentando a lo largo del proyecto, para establecer puntos de partida a la hora de elaborar los primeros bocetos. A continuación se observa de manera gráfica, cuales son estos problemas centrales, cuál es su solución y como se reflejará en el diseño.

PROBLEMA	SOLUCIÓN	PRODUCTO
Tacto y dureza de la maneta de apriete	Ergonomía	Selección de materiales
Añadido de la parte delantera	Integración en el diseño	Ubicación del sistema electrónico interno
Complejidad del proceso	Uso intuitivo	Indicadores de funcionalidad
Transporte constante	Ligereza	Reducir el tamaño
Volumen del dinamómetro poco aprovechado	Más versatilidad en el uso	Sencillez

Tabla 7: Mapa conceptual de soluciones y productos

### 3.3. Diseños conceptuales de posibles soluciones

Al determinar todas las características que el dinamómetro debe cumplir para alcanzar los objetivos marcados, anteriormente, en el briefing, se han desarrollado una serie de cambios desde el diseño inicial.

A continuación se observa el desarrollo del diseño:



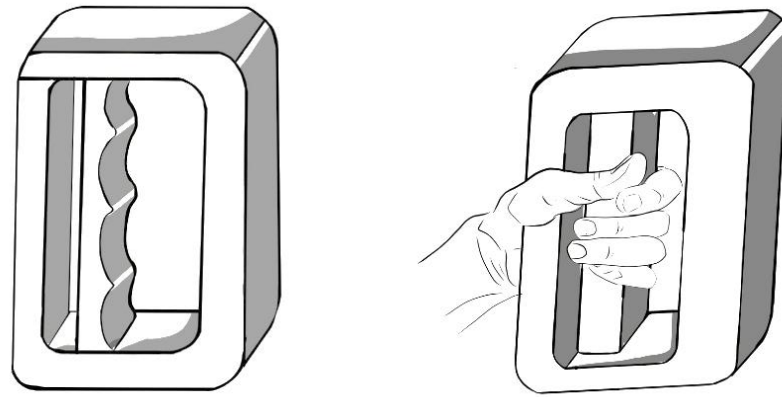


Fig. 22: Propuesta de rediseño 1

La primera propuesta es un rediseño del producto actual en la que se han reducido el tamaño y las funciones innecesarias del dispositivo. El mecanismo para determinar la fuerza de agarre se conserva. Este diseño está compuesto de una carcasa y una maneta, dentro de la carcasa se situará todo lo necesario para realizar funciones como, entre otras, almacenar las señales, apagar y encender el dispositivo. En la parte del apriete, se ha añadido una parte ergonómica que contiene las formas de la mano para favorecer la posición correcta.

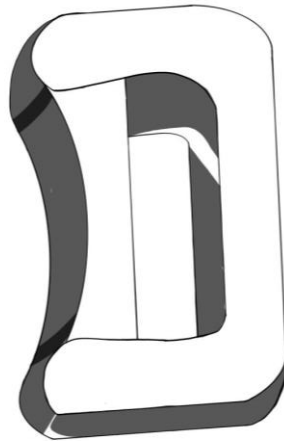


Fig. 23: Propuesta de rediseño 2

El rediseño 2 es un desarrollo de la primera propuesta, en la que se ha reducido el volumen, con lo que se reducirá la cantidad de material, por lo tanto, el peso del dispositivo. Se ha eliminado toda la parte del mecanismo, por lo que se debería hacer una pequeña modificación en el mecanismo de medida, ya que en vez de medir la tracción, medirá la compresión.



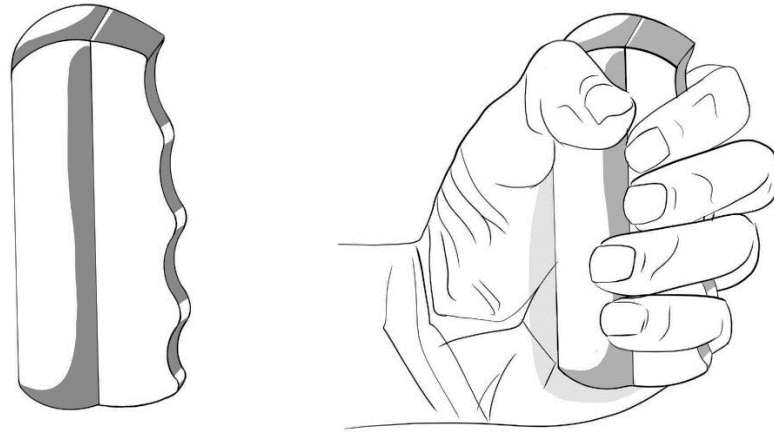


Fig. 24: Propuesta de rediseño 3

En los dos bocetos anteriores se observa la propuesta número 3, ésta es el desarrollo del diseño anterior, ya que manteniendo el mismo mecanismo de apriete y la ergonomía, se ha conseguido reducir el volumen del producto para mejorar la adaptación a la mano y así disminuir la cantidad del material integrado en él. Este diseño está constituido por dos módulos, uno de ellos móvil para poder realizar la fuerza y el otro fijo integrará toda la electrónica necesaria para cubrir las utilidades.



Fig. 25: Propuesta de rediseño 4

La última propuesta es la versión con el volumen más reducido y una adaptación a la mano aumentada. La parte central del diseño es fija, mientras que los laterales mantendrán un movimiento con el que se medirá la fuerza de agarre realizada por el usuario. Internamente se incluirá la electrónica mientras que el marco de la parte fija incluirá los botones e interruptores implementados.

Una vez propuestas todas las ideas de diseño seleccionadas, se ha elaborado una tabla comparativa puntuando (del 0 al 2, siendo el 0 no tiene, el 1 cumple bien y el 2

cumplimiento alto) algunas de las características planteadas por los usuarios durante la realización de las pruebas con el dinamómetro. Para valorarlas se realizará el sumatorio final.

	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
Ergonomía	1	1	2	2
Ligereza	0	1	2	2
Uso intuitivo	2	1	2	1
Tamaño reducido	0	1	2	2
Sencillez	1	2	2	1
TOTAL	4	6	10	8

Tabla 8: Tabla comparativa de las propuestas de diseño

Aunque alguna de las propuestas ya se haya desmarcado con diferencia de las otras en el sumatorio final, se ha considerado reafirmar los resultados añadiendo una ponderación. Esta ponderación ha venido dada por los usuarios que realizaron la encuesta explicada en el apartado: 2.1.2. *Encuesta al usuario*, estos valoraron lo más importante en un dinamómetro en la segunda parte de la encuesta. Estimando la puntuación según los resultados: Nada = 0, Poco = 1, Medio = 2, Mucho = 3 y Esencial = 4, multiplicándolo por el número de votos. Seguidamente se han multiplicado los resultados anteriores por la ponderación correspondiente y se ha realizado el sumatorio de nuevo.

	NOTA	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
<b>Ergonomía</b>	11	11	11	22	22
<b>Ligereza</b>	9	0	9	18	18
<b>Uso intuitivo</b>	7	14	7	14	7
<b>Tamaño reducido</b>	8	0	8	16	16
<b>Sencillez</b>	7	7	14	14	7
<b>TOTAL</b>		<b>32</b>	<b>49</b>	<b>84</b>	<b>70</b>

Tabla 9: Tabla comparativa de las propuestas de diseño evaluando las características

Con esta nueva tabla se puede confirmar, que la propuesta 3 es la que más cumple con las características marcadas para el desarrollo del rediseño, y, por tanto, es el diseño seleccionado para seguir desarrollando y que cumpla todavía más con todos los requisitos.

## 4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN FINAL

Finalmente la propuesta final ha estado basada en la propuesta seleccionada anteriormente, la propuesta número 3, ya que ha sido la más puntuada. A partir de esta propuesta se ha trabajado para mejorarla y que disponga de todos los requisitos que se han considerado esenciales. A continuación se observa el resultado final.

### 4.1. Diseño global

El diseño del dinamómetro está compuesto por dos partes diferenciadas con la idea de que el producto final se componga de ambas. Estas partes son: el módulo del mecanismo y el módulo de la carcasa.

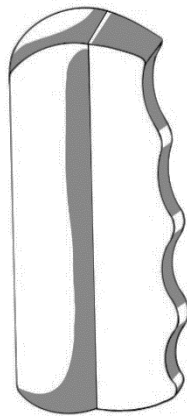


Fig. 26: Boceto inicial rediseño  
dinamómetro

Este producto debe tener los requisitos marcados anteriormente, ya que debe superar el diseño anterior. El requisito más importante es la adaptación a la mano del usuario, por ello, se va a realizar un estudio de la ergonomía de la mano. Otro de los requisitos es el peso, por lo que, se realizará una comparativa de varios materiales hasta conseguir el material con las características adecuadas para cada una de las piezas.

Se ha pensado que en las partes laterales se encuentren los botones e interruptores con los que el usuario va a interactuar.

### 4.2. Diseño de detalle

El **mecanismo** va a ser el inverso al utilizado en el producto inicial, ya que este trabajaba con una fuerza a tracción, el actual trabaja con una fuerza a compresión. Va a constar de una pieza principal en la que van a situarse las galgas ya que va a sufrir la ligera deformación, otra pieza roscada que funcionará como eje del muelle que será el que realizará la fuerza de compresión gracias a la aplicación de fuerza del usuario en la carcasa.

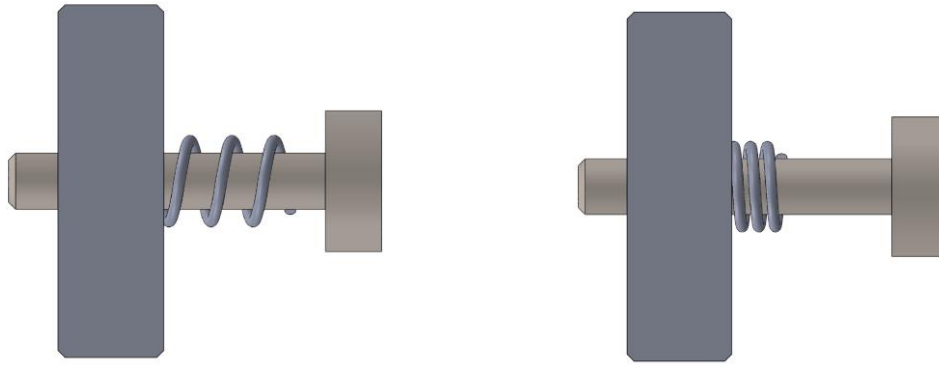


Fig. 27: Mecanismo rediseño

La **carcasa** está formada por dos piezas, una de ellas fija y la otra crea el movimiento gracias al mecanismo. Ambas piezas estarán en contacto con el usuario, por lo que debe tener un buen acabado superficial y una buena adaptación a la mano.

El usuario realizará la fuerza en la carcasa inferior, como bien se explicará a continuación, esta pieza va a ejercer una fuerza sobre el muelle el cuál logrará su compresión contra la pieza del mecanismo fija, dónde irán situadas las galgas que es lo que va a permitir capturar cada una de las señales.

En cuanto a la parte **electrónica**, se utilizará el mismo sistema que el dinamómetro inicial, por lo que únicamente se preverá un espacio para incorporarlo. Así como los accesorios necesarios para interactuar con el usuario: el interruptor para encender, el conector para cargar la batería, una ranura para la introducción de la tarjeta microSD o un led para avisar de la iniciación de la medición.

En cuanto al conector elegido para la batería, será un conector tipo C. Seleccionado por su reversibilidad, es un “poka-yoke” porque evita que cualquier posibilidad de error de conectar el cable correctamente.



Fig. 28: Ranura cargador tipo C

## 5. INTERACCIÓN PRODUCTO – USUARIO

Uno de los factores más importantes del diseño de cualquier producto es su interacción con el usuario, para que esta interacción sea buena es muy importante la ergonomía de este.

Para analizar estas partes se ha hecho un estudio gráfico de la posición determinada por el protocolo para la medición de fuerza y el gesto que comporta la fuerza de agarre, y se ha complementado con un estudio ergonómico.

### 5.1. Usabilidad del producto

Una de las secuencias analizadas es la realización de la prueba de fuerza de agarre. Según el protocolo marcado para el desarrollo de las pruebas en el proyecto *ENVELLINT*, el sujeto debe estar sentado en una silla con el antebrazo colocado en la parte superior de la pierna en posición neutral, los pies firmes en el suelo a la distancia del ancho de los hombros y el hombro aducido rotado neutralmente para poder comenzar la realización de la prueba.



Fig. 29: Posición de medición de la fuerza

Lo más importante para la ergonomía de un dinamómetro es la posición de la mano durante la fuerza de agarre, por lo que se ha estudiado una secuencia mostrando la realización de esta fuerza. Se puede observar la cantidad de músculos y huesos que se deben activar para realizar un solo movimiento en la mano. Además la posición final debería ser la realización de la fuerza máxima posible.

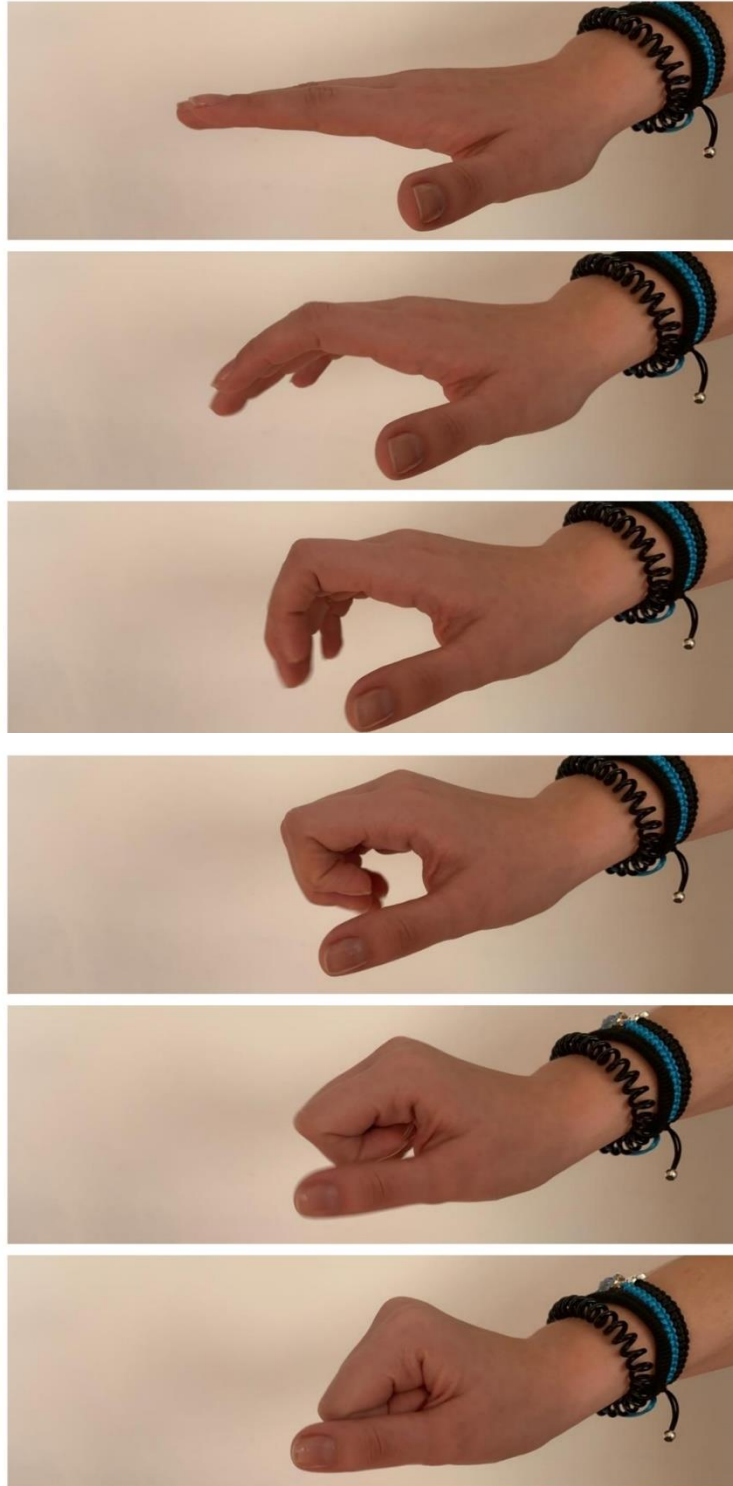


Fig. 30: Pasos realización fuerza de agarre

## 5.2. Estudio antropométrico

Los criterios que se han llevado a cabo para determinar las dimensiones y las formas de los diferentes elementos del dinamómetro y el porqué de estos según un estudio antropométrico serán explicados en este apartado.

El dinamómetro es un instrumento como medidor de la fuerza manual en la industria y en muchas actividades relacionadas con el análisis técnico – científico. Estos miden características del usuario a partir de la fuerza de agarre máxima, por lo que se ha decidido elaborar el estudio antropométrico de la mano, en concreto, las medidas que están relacionadas con el procedimiento para lograr alcanzar la fuerza de agarre máxima.

Para determinar las cotas principales de un dinamómetro se han tenido en cuenta datos del 5%, 50% y 95% percentil, es decir datos que representan únicamente el 5% de la población, datos que representan a la mitad de la población y datos del 95% de la población, que el 5% no está representado.

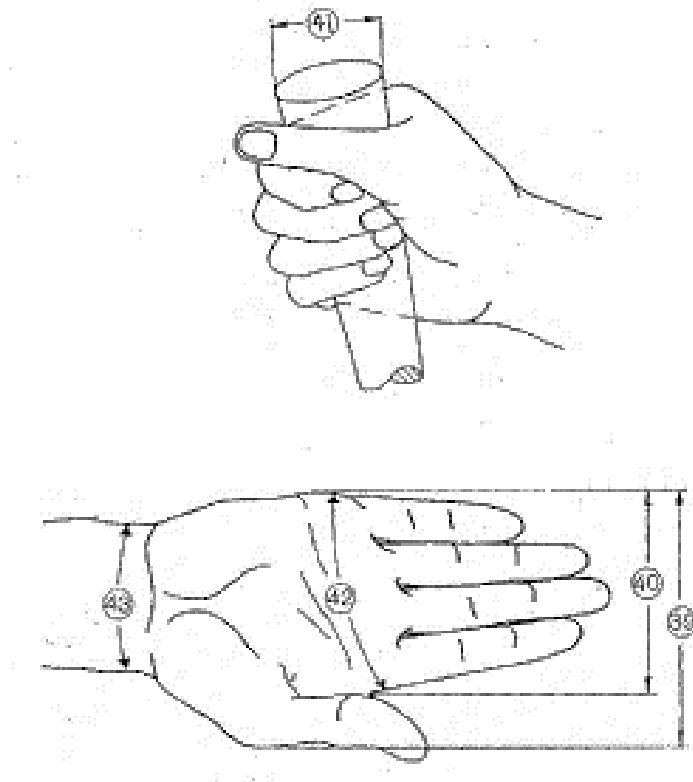


Fig. 31: Medidas de la mano. Según Norma DIN 33402 2ª parte. [10]



Dimensiones		PERCENTIL					
En cm.		Hombres			Mujeres		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
39	Ancho de la mano incluyendo dedo pulgar	9,8	10,7	11,6	8,2	9,2	10,1
40	Ancho de la mano excluyendo el dedo pulgar	7,8	8,5	9,3	7,2	8	8,5
41	Diámetro de agarre de la mano*	11,9	13,8	15,4	10,8	13	15,7
42	Perímetro de la mano	19,5	21	22,9	17,6	19,2	20,7
43	Perímetro de la articulación de la muñeca	16,1	17,6	18,9	14,6	16	17,7
* Las medidas corresponden al anillo descripto por los dedos pulgar e índice							

Tabla 10: Dimensiones en cm. PERCENTIL. Según Norma DIN 33402 2ª parte. [10]

Las medidas seleccionadas tendrán en cuenta a las del 95% de la población, ya que es gran parte de los usuarios. El producto será tanto para hombres como para mujeres, por lo que se ha procurado utilizar unas dimensiones no muy dispares entre ellos.

La parte más importante a determinar es la relacionada con la realización de la fuerza de apriete, por ello se han estudiado que conceptos se deben tener en cuenta para generar buenas experiencias entre el usuario y el producto.

Después de observar la usabilidad del producto, las dos medidas necesarias para facilitar el diseño del dinamómetro son 39 – *Ancho de la mano incluyendo el dedo pulgar*, ya que el módulo de agarre debe superar esta medida para no crear ninguna mala interacción con el usuario, y 41 – *Diámetro de agarre de la mano*, importante debido a que es el diámetro creado por el usuario a la hora de realizar la máxima fuerza de agarre y conseguir una posición cómoda.

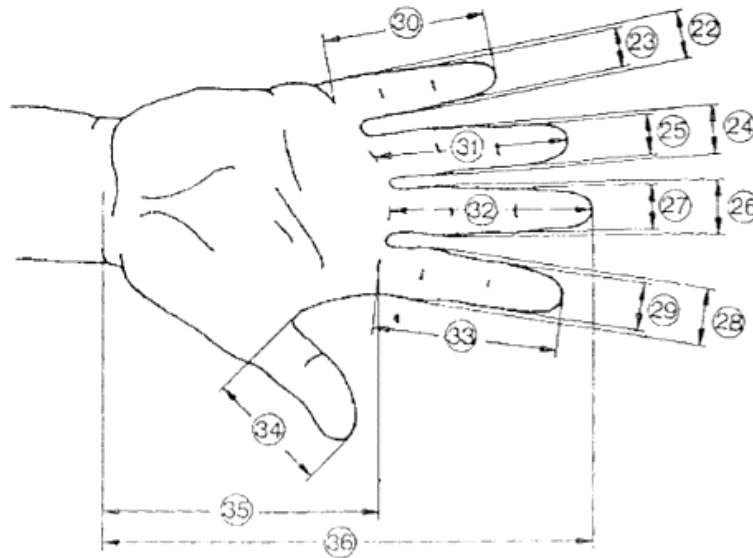


Fig. 32: Medidas respectivamente en la articulación. Según Norma DIN 33 402. 2ª parte. [10]

Dimensiones		PERCENTIL					
		Hombres			Mujeres		
En cm.		5%	50%	95%	5%	50%	95%
22	Ancho del meñique en la palma de la mano	1,6	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
23	Ancho del meñique próximo de la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
24	Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
25	Ancho del dedo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
26	Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
27	Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
28	Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
29	Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
30	Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
31	Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
32	Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
33	Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6

34	Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
35	Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
36	Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	19,6	17,4	19,0

Tabla 11: Dimensiones articulación en cm. PERCENTIL. Según Norma DIN 33 402. 2ª parte. [10]

Para determinar las medidas y fabricar un cogedor más ergonómico, se han utilizado las medidas determinadas por el ancho de cada uno de los dedos en la palma de la mano, ya que es la parte con la que va a tener contacto el dinamómetro.

Las medidas seleccionadas tendrán en cuenta a las del 95% de la población, ya que es gran parte de los usuarios. El producto será tanto para hombres como para mujeres, por lo que se ha procurado utilizar unas dimensiones no muy dispares entre ellos.

## 6. DEFINICIÓN FORMAL Y DIMENSIONAL DEL PRODUCTO

### FINAL

En este apartado, se pueden observar las cotas generales del producto para tener una referencia de medida real.

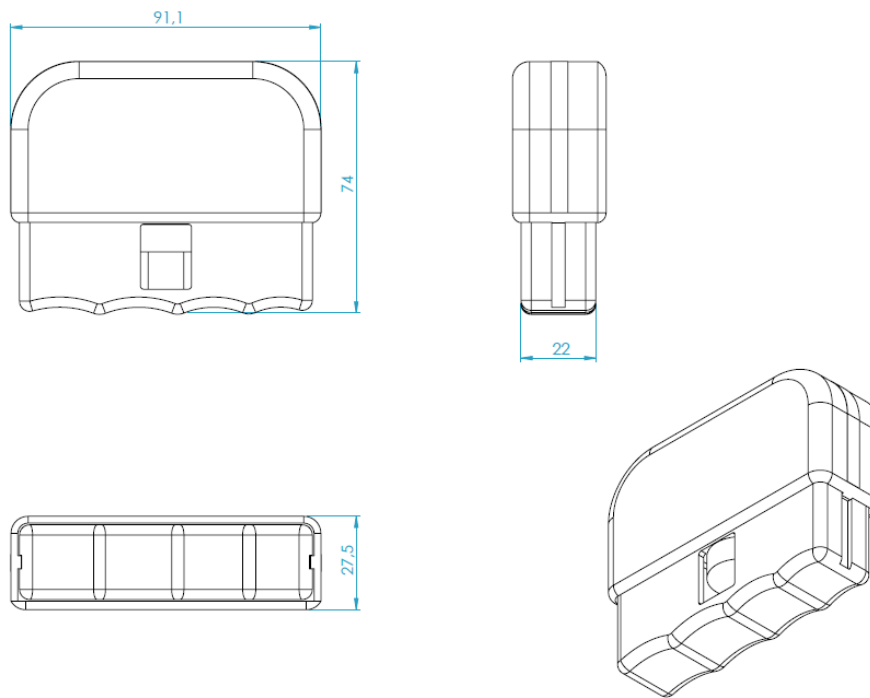


Fig. 33: Plano dimensional del rediseño en mm

## 7. DISEÑO Y ESTÉTICA

Aunque la estética de este producto no es uno de los aspectos más importantes, es la primera impresión o interacción que tiene con el usuario, y la que transmite una primera opinión.

### 7.1. Nombre del producto

El nombre que se ha escogido para el dinamómetro es: **GRIPPEST**, la palabra representa dos conceptos importantes en relación con la utilidad del producto.

**GRIPPEST** es un concepto inventado para referir a la fuerza de agarre manual máxima. Formado por “grip”, que es el verbo agarrar en inglés, y la terminación “-est” que se utiliza, en inglés, para la creación de los superlativos.

### 7.2. Análisis tipográfico

Para darle más fuerza al nombre del dinamómetro se ha buscado una tipología que lo simbolice. A continuación, se muestran diferentes tipografías que se han probado:



Fig. 34: Análisis tipográfico

Finalmente, se han seleccionado dos tipografías para diferenciar las partes por las que se ha formado el nombre. En la primera sección, se ha utilizado “Bathrind”, ya que es una tipografía que transmite sencillez y claridad. Mientras que en la segunda parte, el tipo de letra “Honk” seleccionada para la terminación -est da la sensación de poder y

robustez.

Esta unión de tipografías forma un nombre de producto con mucha personalidad, con un toque actual, serio y elegante.

**GRIPEST**

Fig. 35: Tipografía escogida

### 7.3. Gráfica del producto

El nombre del producto estará integrado en el módulo, colocado de manera discreta que no altere la estética del dinamómetro, pero que permita referenciarlo.

Al igual que el etiquetado, cada una de las piezas desmontables del producto contará con el número de pieza que es, de esta manera el usuario puede realizar el montaje si es necesario mirando las indicaciones. A parte de esta información, también incorporará el tipo de material y sus indicaciones de reciclaje.

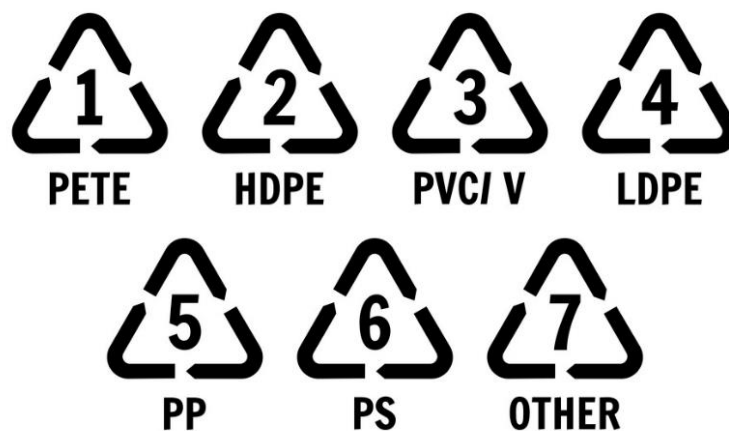


Fig. 36: Símbolos de reciclado para plástico

Por otro lado, para que el producto consiga el marcado CE: se debe garantizar la conformidad del producto con todos los requisitos pertinentes a escala de la Unión Europea, determinar si el fabricante puede evaluar el producto o debe recurrir a un organismo notificado, preparar un expediente técnico que documente la conformidad del producto y redactar y firmar una declaración UE de conformidad.



Fig. 37: Marcado CE

El marcado CE debe fijarse de tal modo que resulte visible, legible e indeleble. Ambas letras deben tener la misma altura, que no puede ser inferior a 5mm. Si el marcado no puede colocarse en el producto, se debe fijar en el embalaje o en cualquier documento que acompañe al producto.

También debemos tener en cuenta el código de barras, ya que contiene una determinada información, y así, permite reconocer un artículo de forma única, global y no ambigua.



Fig. 38: Ejemplo de código de barras

## 7.4. Color

Para seleccionar los colores que compondrán el dinamómetro, se ha decidido desarrollar un breve estudio de los colores existentes, analizando los sentimientos que transmiten.

BLANCO	Pureza, inocencia, optimismo, frescura, limpieza, simplicidad
ROJO	Fortaleza, pasión, determinación, deseo, amor, fuerza, valor, impulsividad
NARANJA	Calidez, entusiasmo, creatividad, éxito, ánimo
AMARILLO	Energía, felicidad, diversión, espontaneidad, alegría, innovación
VERDE	Naturaleza, esperanza, equilibrio, crecimiento, estabilidad, celos
AZUL	Libertad, verdad, armonía, fidelidad, progreso, seriedad, lealtad
PÚRPURA	Serenidad, místico, romántico, elegante, sensual, ecléctico
ROSA	Dulzura, delicadeza, exquisited, sentimientos de gratitud, amistad
GRIS	Paz, tenacidad
NEGRO	Silencio, sobriedad, poder, formalidad, misterio

Tabla 12: La vibración de los colores en la metafísica. Saint Germain

El dinamómetro actual está formado por el color azul y blanco, por lo que quería transmitir simplicidad, progreso y seriedad. Con el nuevo diseño se quiere transmitir fuerza, como bien se ha explicado en los apartados anteriores, por lo que se estudiará una mezcla de colores cálidos con el blanco y/o un gris muy claro.

Finalmente, los colores escogidos son los siguientes:

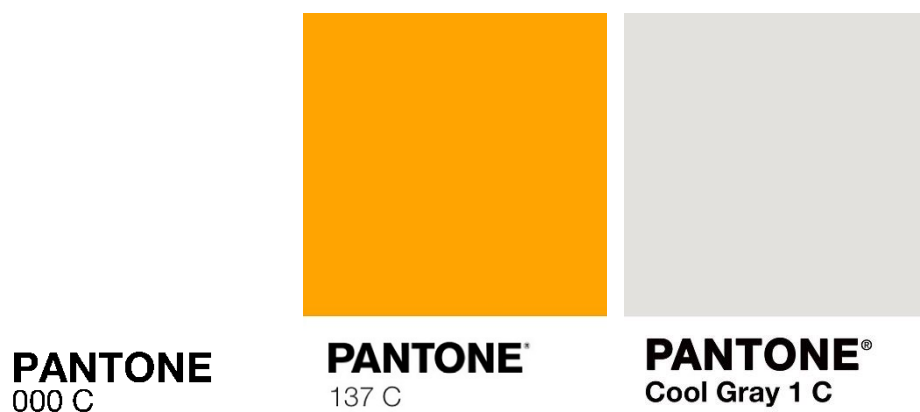


Fig. 39: Combinación de colores



## C. INDUSTRIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

### 8. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MATERIALES

El diseño del dinamómetro está compuesto básicamente por dos elementos, el módulo fijo el que contendrá el mecanismo y los circuitos electrónicos necesarios, y el módulo móvil. Por otro lado, se encuentra un grupo de elementos auxiliar que ayudan a completar el dinamómetro.

A continuación se justifica cual ha sido la elección de cada uno de los materiales de las piezas y las características técnicas de los materiales principales:

#### 8.1. Justificación de los materiales escogidos

##### Carcasa

La carcasa del dinamómetro va a ser fabricada de ABS. Se ha escogido este plástico ya que es duro y resistente a los impactos, tiene gran capacidad de mantener sus dimensiones, no es tóxico, se puede reciclar y, además, tiene un precio relativamente bajo.

##### Mecanismo

Se ha dudado si fabricar la principal pieza del mecanismo de aluminio o acero inoxidable, y se ha realizado la elección debido a:

- El aluminio es resistente, pero no tanto como el acero.
- El aluminio es mucho más ligero, el peso de aluminio equivale a un tercio del acero.
- El acero tiene una mayor densidad general, es más fuerte, aunque el aluminio también es un material duradero.
- El aluminio es mucho más accesible económicamente que el acero inoxidable.
- El aluminio es más sencillo de trabajar que el acero inoxidable.

En cuanto a las aplicaciones del dinamómetro, se quiere que sea ligero para aumentar la facilidad de transporte y económico, por lo que se ha seleccionado el aluminio como material de esta pieza.

## **Muelle**

El muelle que se ha seleccionado para formar parte del mecanismo será de acero inoxidable, debido a que sus propiedades mecánicas son excelentes, y porque tiene buena resistencia al desgaste. Será un elemento que deberá trabajar cada vez que el dinamómetro se accione, por lo que trabajará gran parte de su vida útil a compresión.

## **Tornillos**

Se ha intentado mantener una uniformidad para el uso de los tornillos, como utilizar el mismo tipo de tornillo (métrica y longitud). Los tornillos son DIN 7991 - M3 con la cabeza avellanada de acero inoxidable con un acabado A2 y tiene longitud de 12mm.

Se ha seleccionado este tornillo por sus buenas propiedades mecánicas y la resistencia al desgaste, además con la cabeza avellana se aplica la fuerza uniformemente.

## **8.2. Características técnicas de los materiales escogidos**

### **ABS – Acrilonitrilo butadieno estireno**

El ABS es un plástico muy resistente al impacto. Se le llama plástico de ingeniería debido a que su elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes.

Es un terpolímero que contiene varios monómeros, como son el acrilonitrilo, butadieno y estireno, cada uno de estos componentes confiere al compuesto final determinadas características:

- Acrilonitrilo: Ofrece estabilidad térmica, aumenta la resistencia química y a la fatiga, además de proporcionar dureza y rigidez.
- Butadieno: Ofrece tenacidad en la base de la temperatura, proporciona resistencia al impacto y a la fusión.
- Estireno: Ofrece brillo y mejora la estampabilidad. A parte de facilitar la fluidez en el procesado.

<b>Densidad</b>	1.03 – 1.38 g/cm <sup>3</sup>
<b>Resistencia a tracción</b>	33 – 110 MPa
<b>Módulo elástico</b>	1.7 - 2.8 GPa
<b>Otros</b>	Reciclable según norma ISO 11469 (DIN 58840)

Tabla 13: Características ABS [11]

Las partes que están fabricadas del material ABS deben estar marcadas de acuerdo con la norma ISO 11469 (DIN 58840):

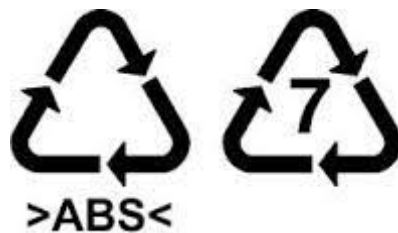


Fig. 40: Símbolo reciclaje norma ISO 11469 (DIN 58840)

Por otro lado, la mayoría de sus aplicaciones son aparatos portátiles destinados al consumidor. En cuanto a su fabricación, puede ser extruido, moldeado por inyección, soplado y prensado.

### Aluminio anodizado

Las características físicas destacadas del aluminio son su ligereza, debido a su baja densidad, su buena conductividad del calor y de la electricidad, resistente a la corrosión y su abundancia en la naturaleza.

El aluminio anodizado es un metal que se consigue mediante un proceso electrolítico por el cual se modifica su superficie. La anodización sobre el aluminio sobre el aluminio aumenta su resistencia y durabilidad, ya que el anodizado pasa a formar parte de su estructura.

El aluminio es 100% reciclable sin eliminar ninguna de sus cualidades, la recuperación del aluminio al final de su vida requiere poca energía, al igual que su proceso de reciclado que sólo requiere un 5% de la energía que fue necesaria para producir el metal inicial.

<b>Densidad</b>	2.7 g/cm <sup>3</sup>
<b>Resistencia a tracción</b>	160-200 MPa
<b>Módulo elástico</b>	65 GPa
<b>Otros</b>	100% reciclable.

Tabla 14: Características Aluminio [12]

El tipo de aluminio escogido es el aluminio serie 6000, aleado fundamentalmente con Silicio y Manganeso, es uno de los mejores porque tiene una mayor dureza y, por lo tanto, una mejor mecanización y acabado.

### Acero inoxidable

El acero inoxidable es esencialmente un acero de bajo carbono, el cual contiene un pequeño porcentaje de cromo en peso, por lo que le hace un material resistente a la corrosión.

Se caracterizan por, además de la resistencia a la corrosión y la capacidad de componer piezas, la resistencia a altas temperaturas, permite acabados superficiales y formas variadas y una resistencia mecánica adecuada que les permite ser moldeados.

<b>Densidad</b>	7.9 g/cm <sup>3</sup>
<b>Resistencia a tracción</b>	600 MPa
<b>Módulo elástico</b>	210 GPa
<b>Otros</b>	Excelente resistencia a la corrosión, 100% reciclable.

Tabla 15: Características INOX [13]

El acero escogido es el AISI 304 es el acero inoxidable austenítico más utilizado. Estos no son magnéticos ni pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son muy dúctiles, tienen un formado sencillo y una fácil transformación y tienen la habilidad de ser funcionales a temperaturas extrema.

## 9. ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Los tres materiales principales que forman el dinamómetro son el ABS, el aluminio de serie 6000 y el acero inoxidable, todos los demás elementos son elementos estándar, en cambio estos tres se deben fabricar de manera concreta para este producto, y posteriormente serán mecanizados para adaptarse a la función que deben realizar.

### 9.1. Obtención de materiales

A continuación, se explica la obtención de estos tres elementos principales.

#### 9.1.1. Obtención ABS [14]:

El ABS se obtiene de tres procesos fundamentales:

1. Proceso polimerización en emulsión: Obtención del látex de caucho, juntar el látex de caucho mientras se da la polimerización del acronitrilo y estireno, el ABS es recuperado a través de la coagulación del látex, se desagua la pasta por filtración o centrifugación y la resina húmeda se seca y se obtiene una resina con bajo contenido de humedad.
2. Proceso polimerización en masa: la polimerización se da con el monómero y no con agua. Este proceso consiste en una serie de dos o más reactores continuos en el cual se utiliza una solución polimerizada del polibutadieno lineal. Tiene dos ventajas sobre el resto de procesos ya que el agua residual de tratamiento es mínima y el ahorro de energía por evitar la etapa de separación y secado de la resina.
3. Proceso polimerización en Masa – Suspensión: El proceso de suspensión utiliza una reacción en masa para producir una mezcla de polímeros y monómeros, luego se forma una reacción en suspensión para completar la polimerización.

#### 9.1.2. Obtención de acero inoxidable [15,16]:

El acero inoxidable es una aleación de hierro con elementos añadidos como cromo, níquel, silicio, manganeso, nitrógeno y carbono. Las propiedades de la aleación final dependerán de las cantidades de dichos elementos.

Para hacer el acero inoxidable las materias primas se funden en un horno, este proceso puede tardar de 8 a 12 horas. La siguiente etapa es eliminar el exceso de carbono mediante la inyección de una mezcla de oxígeno y argón.

Una vez conseguido el material, a través de la colada continua se realiza la solidificación, donde el acero coge la forma del molde y comienza a enfriar. Posteriormente pasa por la fase de laminación, donde se vuelve a calentar y después de varias pasadas se obtiene el espesor deseado del material. A continuación, pasa por unos chorros de agua.

Para finalizar este proceso de fabricación también se le puede añadir un recocido, es decir, volver a calentar el material y realizar un enfriamiento controlado, de esta manera se eliminan las posibles tensiones internas que tenga el material.

Para obtener las piezas de acero inoxidable deseadas, únicamente se deberá pasar por un último proceso de mecanizado, donde se realizarán las modificaciones necesarias para tener la pieza correspondiente para el diseño del dinamómetro.

### **9.1.3. Obtención del aluminio [17,18]:**

El aluminio es un metal abundante en la corteza terrestre, sin embargo no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino en forma de óxidos con varios grados de hidratación de silicatos y mezclando con otros elementos como impurezas de óxidos de hierro y silicio. El aluminio se extrae del mineral conocido como bauxita.

El proceso de fabricación del aluminio consta en dos fases:

1. Se calienta la bauxita en una disolución concentrada de sosa. Después se enfría, se filtra y se diluye en agua para obtener hidróxido de aluminio. A continuación se calcina en un horno para producir óxido de aluminio en estado puro.
2. El óxido se funde con criolita por medio de una corriente eléctrica. El aluminio se deposita en el fondo en forma líquida, a continuación se lleva a un horno donde se puede alear con otros elementos químicos para cambiar sus propiedades requeridas.

Al igual que con el acero, el reciclado del aluminio necesita de una separación en origen y de una recogida selectiva previa, este es llevado a una planta de clasificación dónde es separado del resto. A partir de aquí, el aluminio se empaca y es transportado a un centro de reciclado, dónde se realizan una serie de procesos destinados a devolver el aluminio al mercado, como son: el triturado y eliminación de impurezas, lavado y secado para eliminar restos orgánicos y humedad y, para finalizar, se introducen virutas de aluminio en un horno y se forman lingotes. Se puede reciclar el 100% de los materiales recuperados.

## 9.2. Proceso de fabricación

Para conseguir las diferentes geometrías de cada pieza se precisan otros procesos:

### 9.2.1. Centro de mecanizado [19]

La pieza principal de la estructura, la cual será de aluminio, se fabricará mediante un centro de mecanizado CNC que es la evolución de una fresadora pero de manera optimizada para poder hacer más tareas a la vez. La pieza será fabricada por arranque de material por control numérico, de esta manera solo se necesitará la supervisión y el control del operario.

Realizará la forma necesaria de la pieza principal de la estructura y se realizarán todos los agujeros roscados de cada una de las piezas que contengan.

### 9.2.2. Torno [20,21]

El torno es la máquina que mecaniza piezas por revolución. La única pieza que será fabricada por un torno es la pieza roscada que ayudará a ajustar las dimensiones del mecanismo, por lo tanto del módulo.

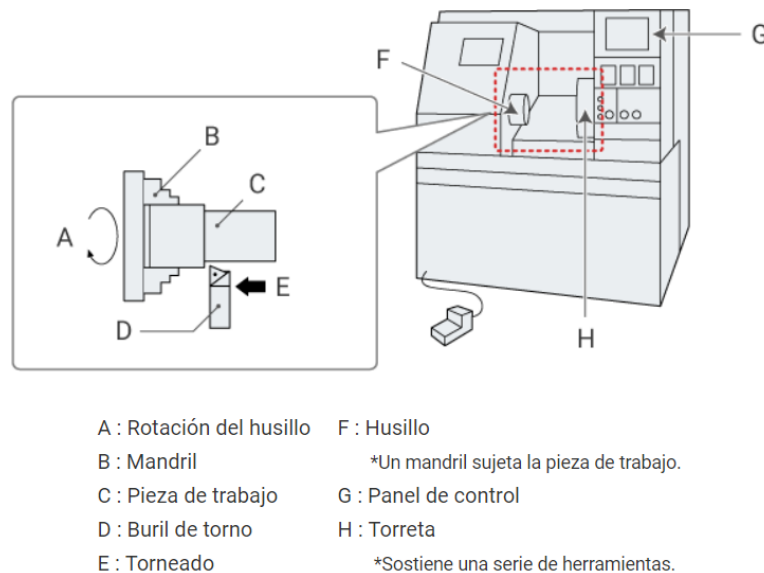


Fig. 41: Estructura básica de un torno CNC

### 9.2.3. Moldeo por inyección [22,23]

Tras un pequeño análisis para seleccionar el proceso de fabricación de la carcasa, es decir, de las piezas de ABS, se ha seleccionado el moldeo por inyección.

El moldeo por inyección es un proceso de conformado utilizando moldes. El material se calienta hasta fundirse y se envían al molde donde se enfrían obteniendo la forma diseñada, para finalizar se aplica el acabado deseado. Las piezas de formas diversas, incluidas aquellas con formas complejas, se pueden fabricar de forma continua y rápida a grandes volúmenes.

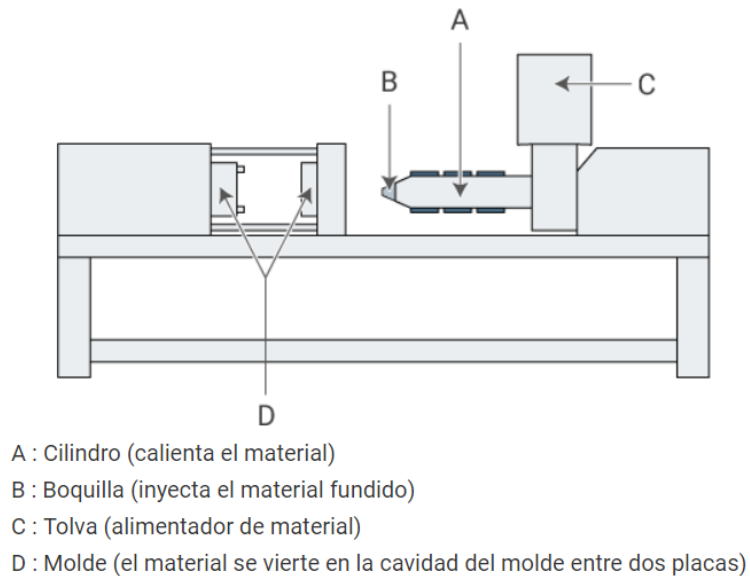


Fig. 42: Estructura básica de las máquinas de moldeo por inyección

Otra de las razones de su selección ha sido el coste a largo plazo, ya que se ha valorado una producción masiva, no única porque el coste del molde es muy elevado y será una inversión inicial.



## 10. EMBALAJE Y TRANSPORTE

Para el embalaje del dinamómetro, ya que es un elemento pequeño, se utilizará para exponer en las tiendas de electrodomésticos o, incluso, ortopédicas. Se ha priorizado centrarse en la función y el material de este, es decir, proteger y destacar el producto y que el material sea responsable.

La materia prima para el embalaje será un 75% de materiales reciclados y el 25% no reciclado, será reciclable en el futuro para crear nuevos embalajes. Los procesos de fabricación utilizarán también biocombustibles durante la cadena producción.

El embalaje final será una caja de cartón, y en su interior se encontrará una estructura que fijará el dinamómetro dentro para evitar el movimiento durante el transporte y protegerlo a la vez. Por eso el cartón debe tener cierta resistencia, por lo que será de cartón ondulado o compacto.

Las medidas de la caja serán 180 x 110 x 50 mm, ya que se ha tenido en cuenta la incorporación de un cargador. En la siguiente figura se puede observar la plantilla que se va a seguir para fabricar el embalaje.

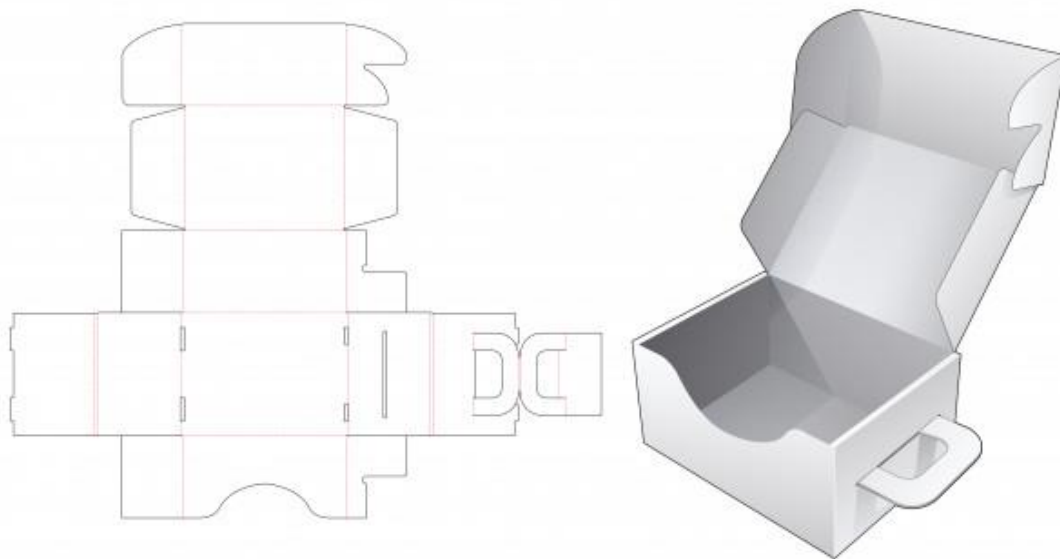


Fig. 43: Caja plegable con asa - Packaging

Como bien se ha explicado, este embalaje servirá como exposición en los sitios de venta del dinamómetro, así que se le ha dado importancia al diseño gráfico, como se puede observar en la siguiente imagen:



Fig. 44: Packaging exposición

Este packaging se ha diseñado con una parte transparente para que el consumidor observe el producto sin necesidad de abrirlo, además se ha incorporado un asa para facilitar el desplazamiento del producto por el usuario dentro de la caja.

## CÁLCULOS, ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RESISTENCIA

Una parte muy importante del diseño de un producto es comprobar que sea resistente al uso y cumpla con su función de manera correcta.

Para comprobar esta parte se han realizado una simulación para comprobar la resistencia del mecanismo seleccionado ejerciendo fuerza y, así, se han podido realizar unos cálculos para determinar las dimensiones del muelle necesario.

### 11. ANALISIS DE RESISTENCIA

Inicialmente se ha realizado un análisis de resistencia con SolidWorks del mecanismo para comprobar que soportará la carga realizada, es decir, la fuerza de agarre. Esta fuerza ha sido calculada a partir de las pruebas realizadas en el Trabajo Final de Grado de Ingeniería Mecánica, la fuerza media es de 31 kg, es decir 310 N, aplicada en la parte curva de la carcasa inferior dónde se asientan los dedos del usuario.

Para simplificarlo se ha seleccionado únicamente el mecanismo, formado por las tres piezas, como bien se observa en la siguiente imagen:

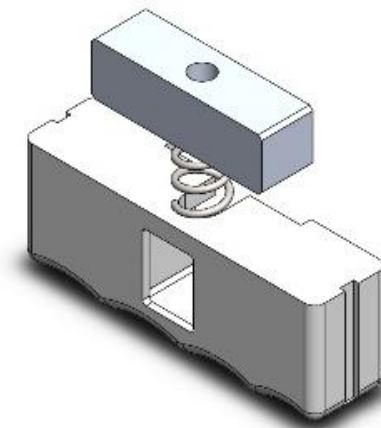


Fig. 45: Mecanismo analizado

Inicialmente se seleccionaron los materiales de estos componentes, se realizó un mallado de los elementos y se aplicó la fuerza de la manera explicada anteriormente.

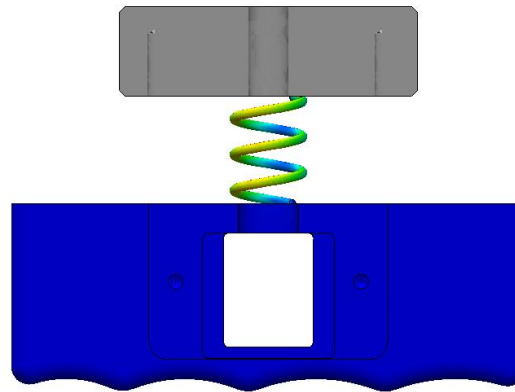


Fig. 46: Análisis de resistencia del mecanismo

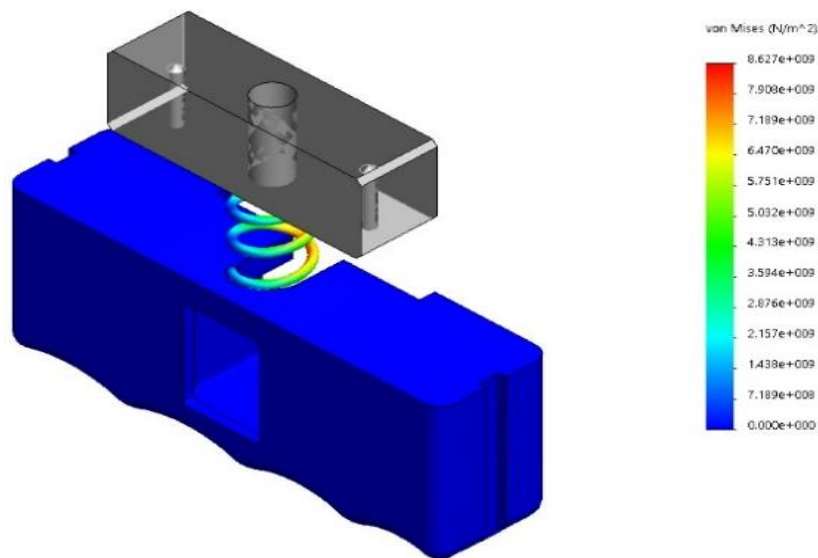


Fig. 47: Análisis de resistencia del mecanismo

Como se observa en la imagen, el único elemento en el que se muestra una deformación y, por lo tanto, estará en la máxima tensión es el muelle, en el siguiente apartado se calculará el muelle que se necesitará para soportar esta tensión.

## 12. CÁLCULOS

Como el mecanismo precisa un muelle que trabaje a compresión, se debe calcular cual será el valor de la constante elástica “k”, para poder escoger el muelle más adecuado para realizar esta función.

Para determinar el valor de “k”, se ha realizado un cálculo de la fuerza media realizada por los usuarios en las pruebas ejecutadas en el anterior Trabajo de Final de Grado de Mecánica, está es de 31 kg.

Una vez determinada la fuerza media de agarre de los usuarios, se ha aplicado la correspondiente fórmula para calcular el valor de “k”:

$$F = k \cdot x \rightarrow k = \frac{F}{x}$$

Para aplicar la formula se necesita el valor de la fuerza, que se obtiene pasando los Kilogramos (kg) a Newtons (N), y el calor del recorrido que debe hacer el muelle (“x”), que en este caso viene dado por el movimiento máximo del mecanismo.

$$31 \text{ kg}_f \cdot \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ kg}_f} = 310 \text{ N}$$

$$k = \frac{310 \text{ N}}{1,5 \text{ cm}} = 206,66 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ DaN}}{10 \text{ N}} = 2,07 \frac{\text{DaN}}{\text{mm}}$$

De esta manera se ha obtenido el valor de “k” necesaria y con este dato y el diámetro del muelle deseado, que viene determinado por las dimensiones de la pieza diseñada de la carcasa inferior, se ha podido conseguir el muelle necesario en un catálogo de fabricantes de muelles. Por otro lado, habremos solucionado la tensión que se crea en el muelle.

PLANOS

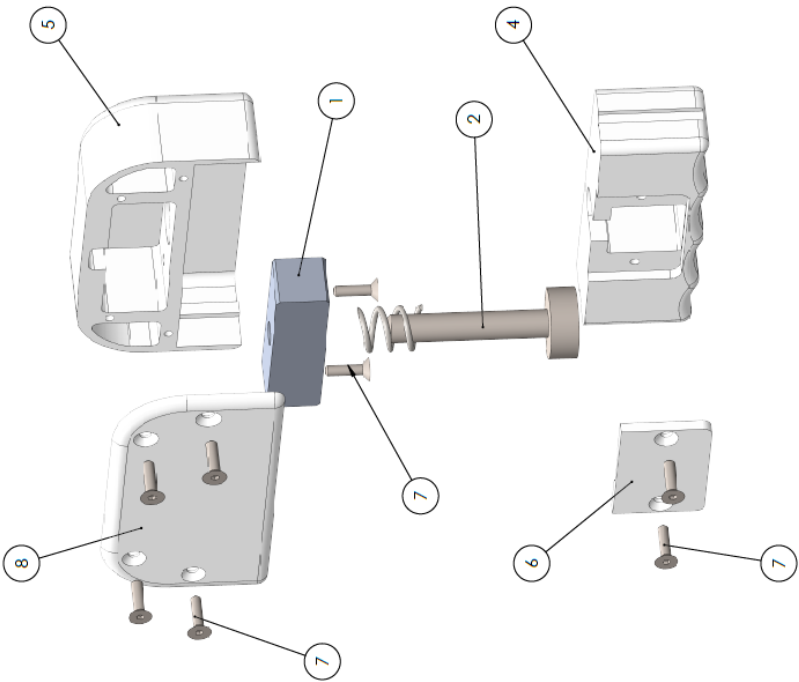
13. PLANOS DE DETALLE Y DEFINICIÓN

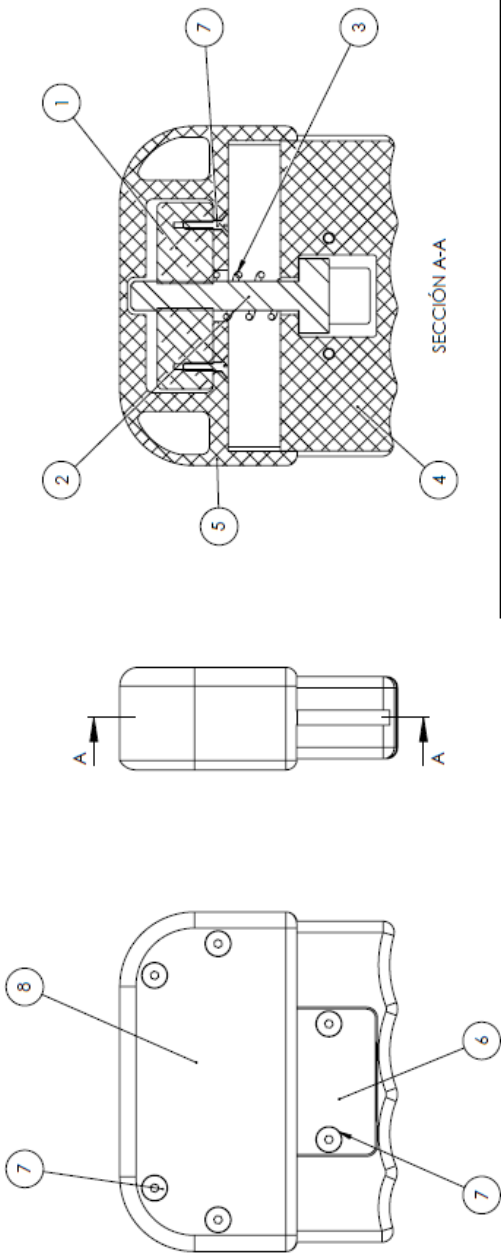
Para el diseño de este dinamómetro se ha creado un plano de conjunto con sus componentes correspondientes.

Los planos de las piezas se pueden consultar como anexo del trabajo.

Nº DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	Material	CANTIDAD
1	PTIMECA001	Estructura mecanismo	Aluminio serie 6000	1
2	PTIMECA002	Ajuste roscado	ALSI 304	1
3	Muelle			1
4	PTDINA001	Carcasa inferior	ABS	1
5	PTDINA002	Carcasa superior	ABS	1
6	PTDINA003	Tapa inferior	ABS	1
7	M3 DIN7991			8
8	PTDINA004	Tapa superior	ABS	1


TÍTULO: Dinamómetro		Nº DE PLANO: ASMECA001	
ELABORADO:	S. Tricas	PROYECTADO:	gripesT
REVISADO:	22/04/2020	VERIFICADO:	A3
APROBADO:		ESCALA:	1:1
		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	





N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	Material	CANT.
1	PTMECA001	Estructura mecanismo	Aluminio serie 6000	1
2	PTMECA002	Ajuste roscado	AlSi 304	1
3	Muelle			1
4	PTDINA001	Carcasa inferior	ABS	1
5	PTDINA002	Carcasa superior	ABS	1
6	PTDINA003	Tapa inferior	ABS	1
7	M3 DIN7991			8
8	PTDINA004	Tapa superior	ABS	1

TÍTULO:	Dinamómetro		N.º DE PLANO:		ASMECA001	
ELABORADO:	S. Tricas		PROYECTADO:		gripEST	
REVISADO:			VERSIÓN:		A3	1:1
APROBADO:					1	Criterio de uso



Grupo Aluminio Aluminex  
Fabricación y venta de aluminio  
en toda España y en Colombia

## PLIEGO DE CONDICIONES

### 14. PLIEGO DE CONDICIONES

Las partes que están fabricadas del material ABS deben estar marcadas de acuerdo con la norma **ISO 11469** (DIN 58840).

Los tornillos utilizados son **DIN 7991**.

Las normas **UNE 1026-2:1983**, **UNE 1035:1995**, **UNE 1034-1:1975**, **UNE 1032:1982** y **UNE 1039:1994** [24] especifican los formatos de las hojas de dibujo, preimpresas o no, para su utilización en los dibujos técnicos, fijando reglas relativas a:

- a) Posición y dimensiones del cuadro de rotulación
- b) Márgenes y recuadro.
- c) Señales de centrado.
- d) Señales de orientación.
- e) Graduación métrica de referencia.
- f) Sistema de coordenadas.
- g) Señales de corte.

En general, la norma se aplica a los dibujos originales, también se pueden aplicar a las reproducciones.



## PRESUPUESTO

Para la elaboración de los presupuestos se han dividido según las diferentes partidas que implican el diseño y la fabricación del dinamómetro.

Finalmente se obtiene el precio final del módulo con la suposición de que se fabrique una sola unidad, es decir, como si fuese un producto exclusivo. Como este hipotético caso no sería real, también se han realizado los cálculos de cuál sería el precio si se hiciera una tirada de 500 unidades.

A continuación se encuentran las diferentes partidas y cálculos pertinentes.

### 15. PARTIDA DE INGENIERÍA

En este apartado se ven las tarifas de los profesionales aplicadas a las tareas que se han desarrollado durante el proceso de diseño.

#### 15.1. Tarifa de ingeniería

PROFESIONAL	Sueldo medio (€/año)	TARIFA (€/h)
Técnico administrativo	30.000,00	14
Delineante	40.000,00	19
Ingeniero de Diseño Industrial	55.000,00	26
Ingeniero Electrónico	60.000,00	29
Ingeniero Mecánico	62.000,00	30

Tabla 16: Tarifas de ingeniería

#### 15.2. Conceptos imputables

Los conceptos imputables a nivel de ingeniería son todas aquellas tareas que se han desarrollado a lo largo de la elaboración del proyecto.

En la siguiente tabla se muestran todos los conceptos y la cantidad de horas empleadas en cada uno de ellos, para que así se obtenga el coste total de ingeniería.

CONCEPTO	Profesional	TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	TOTAL (€)
Gestión administrativa	Técnico administrativo	10	14	144
Investigación de diseño inicial	Ingeniero de Diseño Industrial	10	26	264
	Ingeniero Electrónico	5	29	144
	Ingeniero Mecánico	15	30	447
Encuestas de valoración	Técnico administrativo	20	14	288
Estado del arte	Ingeniero de Diseño Industrial	20	26	529
	Ingeniero Mecánico	15	30	447
Desarrollo de la propuesta final	Ingeniero de Diseño Industrial	30	26	793
	Ingeniero Electrónico	15	29	433
	Ingeniero Mecánico	15	30	447
Modelaje 3D	Ingeniero de Diseño Industrial	40	26	1.058
Elaboración de planos	Delineante	20	19	385
Estudio y análisis de materiales	Ingeniero de Diseño Industrial	10	26	264
	Ingeniero Mecánico	10	30	298
Estudio y análisis proceso de fabricación	Ingeniero de Diseño Industrial	5	26	132
	Ingeniero Mecánico	5	30	149
Estudio y análisis de resistencia	Ingeniero de Diseño Industrial	5	26	132
	Ingeniero Mecánico	10	30	298
Elaboración de presupuesto	Técnico administrativo	10	14	144
Elaboración de memoria técnica	Técnico administrativo	30	14	433
Elaboración anexos	Técnico administrativo	10	14	144
<b>TOTAL</b>		<b>310 h</b>		<b>7.375 €</b>

Tabla 17: Costes de ingeniería

Por tanto, la partida correspondiente al desarrollo del proyecto según la ingeniería asciende a **7.375,00€**.

## 16. PARTIDA DE FABRICACIÓN

En este apartado se calculará el coste de la fabricación, teniendo en cuenta las tarifas de la maquinaria (incluido el operario) de cada una de las piezas que forman parte del dinamómetro que necesitan fabricación.

### 16.1. Tarifa de fabricación

PROFESIONAL	TARIFA (€/h)
Centro de mecanizado	50
Torno convencional	30
Moldeo por inyección	40
Limpieza	25

Tabla 18: Tarifa de fabricación

### 16.2. Coste piezas a fabricar

En este apartado se encuentran las piezas que deben pasar por algún proceso para conseguir la forma adecuada. Cálculos para la fabricación de una sola unidad.

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Estructura mecanismo	1	Aluminio 6082	PTMECA001

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Barra aluminio 15x15mm 2m	0,03	-	0,20
Corte	0,15	50	7,50
Mecanizado	0,40	50	20,00
Limpieza pieza	0,20	25	5,00
<b>TOTAL</b>			<b>32,70 €</b>

Tabla 19: Coste fabricación unitaria PTMECA001

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Ajuste roscado	1	AISI 304	PTMECA002

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Barra INOX Ø20mm 1m	0,05	-	1,70
Corte	0,10	50	5,00
Mecanizado	0,50	30	15,00
Limpieza pieza	0,15	25	3,75

<b>TOTAL</b>	<b>25,45 €</b>
--------------	----------------

Tabla 20: Coste fabricación unitaria PTMECA002

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Carcasa inferior	1	ABS	PTDINA001

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Material	1,00	-	1,50
Molde	1,00	-	5.679,45
Tiempo del operario	0,10	40	4,00
Limpieza pieza	0,20	25	5,00

<b>TOTAL</b>	<b>5.689,95 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 21: Coste fabricación unitaria PTDINA001

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Carcasa superior	1	ABS	PTDINA002

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Material	1,00	-	1,50
Molde	1,00	-	6.913,35
Tiempo del operario	0,10	40	4,00
Limpieza pieza	0,20	25	5,00

<b>TOTAL</b>	<b>6.923,85 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 22: Coste fabricación unitaria PTDINA002

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Tapa inferior	1	ABS	PTDINA003

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Material	1,00	-	1,50
Molde	1,00	-	1.823,85
Tiempo del operario	0,10	40	4,00
Limpieza pieza	0,20	25	5,00
<b>TOTAL</b>			<b>1.834,35 €</b>

Tabla 23: Coste fabricación unitaria PTDINA003

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Tapa superior	1	ABS	PTDINA004

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE UNITARIO (€)
Material	1,00	-	1,50
Molde	1,00	-	2.852,55
Tiempo del operario	0,10	40	4,00
Limpieza pieza	0,20	25	5,00
<b>TOTAL</b>			<b>2.863,05 €</b>

Tabla 24: Coste fabricación unitaria PTDINA004

### 16.3. Total partida de fabricación

Se ha calculado el coste de las partidas de fabricación para el primer prototipo y para las 500 unidades. Como bien se observa anteriormente, el precio varía así debido a la inversión inicial de la compra de los moldes, pero se observa que a medida que aumenten las unidades a fabricar, menor coste unitario tendrá el producto.

DENOMINACIÓN	COSTE TOTAL prototipo (€)
Estructura mecanismo	32,70
Ajuste roscado	25,45
Carcasa inferior	5.689,95
Carcasa superior	6.923,85
Tapa inferior	1.834,35
Tapa superior	2.863,05
<b>TOTAL</b>	<b>17.369,35 €</b>

Tabla 25: Coste fabricación 1er prototipo

## 17. PARTIDA DE COMPONENTES COMERCIALES

En este apartado se incluyen todos los costes derivados de la adquisición de los elementos comerciales del producto como pueden ser los elementos necesarios para la electrónica del módulo.

ELEMENTO	UDS.	€/U	TOTAL (€)
Tornillo Allen Cabeza avellanada DIN 7991 - A2 M3x12	8,00	0,01	0,08
Muelle Compresión 203265 Exterior: 13.00 - Hilo: 1.60 - Largo: 18 - Material: cp	1,00	13,45	13,45
Interruptor deslizante de 2 posiciones pequeño	1,00	1,00	1,00
Placa prototipado	1,00	3,00	3,00
Conector serie C	1,00	2,00	2,00
LED	1,00	0,50	0,50
<b>TOTAL</b>			<b>20,03 €</b>

Tabla 26: Partida componentes comerciales 1er prototipo

Por tanto, la partida correspondiente a las compras comerciales suma un total de **20,03€**.

## 18. PARTIDA DE MONTAJE

En este apartado se calculará el coste del montaje, teniendo en cuenta a los operarios necesarios para montar el dinamómetro.

### 18.1. Tarifa de montaje

PROFESIONAL	TARIFA (€/h)
Montador oficial de 1a	25
Montador oficial de 3a	15
Electrónico	40
Ingeniero calidad	30

Tabla 27: Tarifas de montaje

### 18.2. Total partida de montaje

CONCEPTO	Profesional	HORAS	TARIFA (€/h)	TOTAL (€)
Montaje	Montador oficial de 1a	2,00	25	50,00
Montaje mecanismo	Montador oficial de 3a	0,75	15	11,25
Montaje electrónico	Electrónico	2,00	40	80,00
Verificación	Ingeniero calidad	0,50	30	15,00
<b>TOTAL</b>		<b>5,25 h</b>		<b>156,25 €</b>

Tabla 28: Total partida de montaje

Por lo que la partida correspondiente al montaje del módulo asciende a **156,25€**.

## 19. COSTE TOTAL

PARTIDA	IMPORTE TOTAL (€)
Ingeniería	7.375,00
Fabricación	17.369,35
Componentes comerciales	503,46
Montaje	156,25
SUBTOTAL	25.404,06
Imprevisto (10%)	2.540,41
<b>COSTE TOTAL prototipo</b>	<b>27.944,47 €</b>

Tabla 29: Coste total

El coste total de la primera unidad del dinamómetro diseñado durante este proyecto será de **27.944,47 €**.



## 20. COSTE TOTAL CON PREVISIÓN DE VENTAS

En el apartado anterior se obtiene el coste de fabricación de un solo producto, es decir, como un producto exclusivo, y esto es un escenario irreal ya que no es el propósito de este proyecto.

Para rectificar esta parte se han calculado los valores de cada una de las partidas suponiendo que en un año se podrían vender 300 unidades. Para hacer estos cálculos se han realizado las siguientes acciones:

### 20.1. Partida de ingeniería

La partida de ingeniería se ha dividido entre 500 unidades ya que todo el proceso de diseño no se puede cargar en un solo producto.

	UNIDADES	TOTAL (€)
PARTIDA INGENIERIA		
	1,00	7.375,00
	500,00	<b>14,75</b>

Tabla 30: Total partida ingeniería 500u

### 20.2. Partida de fabricación

La partida de fabricación se le ha aplicado un 40% de descuento, ya que los costes de preparación bajan considerablemente cuantas más unidades se fabriquen, incluido se podría invertir en automatizar procesos. Por otro lado, también bajaría el precio de la materia prima. Aun así, se vuelve a calcular en cada uno de las piezas:

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Estructura mecanismo	500	Aluminio 6082	PTMECA001

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Barra aluminio 15x15mm 2m	15,00	-	2,40
Corte	30,00	50	1.500,00
Mecanizado	80,00	50	4.000,00
Limpieza pieza	8,00	25	200,00
<b>TOTAL</b>			<b>5.702,40 €</b>

Tabla 31: Coste fabricación PTMECA001 500u

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Ajuste roscado	500	AISI 304	PTMECA002

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Barra INOX Ø20mm 1m	25,00	-	34,00
Corte	20,00	50	1.000,00
Mecanizado	100,00	30	3.000,00
Limpieza pieza	6,00	25	150,00

<b>TOTAL</b>	<b>3.584,00 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 32: Coste fabricación PTMECA002 500u

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Carcasa inferior	500	ABS	PTDINA001

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE 500u (€)
Material	500,00	-	600,00
Molde	1,00	-	5.679,45
Tiempo del operario	20,00	40	80,00
Limpieza pieza	10,00	25	50,00

<b>TOTAL</b>	<b>6.409,45 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 33: Coste fabricación PTDINA001 500u

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Carcasa superior	500	ABS	PTDINA002

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE 500u (€)
Material	500,00	-	600,00
Molde	1,00	-	6.913,35
Tiempo del operario	20,00	40	80,00
Limpieza pieza	10,00	25	50,00

<b>TOTAL</b>	<b>7.643,35 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 34: Coste fabricación PTDINA002 500u

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Tapa inferior	500	ABS	PTDINA003

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE 500u (€)
Material	500,00	-	600,00
Molde	1,00	-	1.823,85
Tiempo del operario	20,00	40	80,00
Limpieza pieza	10,00	25	50,00

<b>TOTAL</b>	<b>2.553,85 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 35: Coste fabricación PTDINA003 500u

DENOMINACIÓN	UNIDADES	MATERIAL	Nº PLANO
Tapa superior	500	ABS	PTDINA004

CONCEPTO	UNIDAD / TIEMPO (h)	TARIFA (€/h)	COSTE 500u (€)
Material	500,00	-	600,00
Molde	1,00	-	2.852,55
Tiempo del operario	20,00	40	80,00
Limpieza pieza	10,00	25	50,00

<b>TOTAL</b>	<b>3.582,55 €</b>
--------------	-------------------

Tabla 36: Coste fabricación PTDINA004 500u

Con estos cálculos se llega a la conclusión de que el coste total de la partida de fabricación es el siguiente:

DENOMINACIÓN	COSTE 500u (€)	COSTE UNITARIO (€)
Estructura mecanismo	5.702,40	11,40
Ajuste roscado	3.584,00	7,17
Carcasa inferior	6.409,45	12,82
Carcasa superior	7.643,35	15,29
Tapa inferior	2.553,85	5,11
Tapa superior	3.582,55	7,17
<b>TOTAL</b>	<b>29.475,60 €</b>	<b>58,95 €</b>

Tabla 37: Coste total partida fabricación

## 20.3. Partida de componentes comerciales

El precio de los componentes se rebaja a medida que el lote de compra aumenta, así que se ha aplicado un descuento. Con esto, la partida de componentes comerciales

es la siguiente:

8. ELEMENTO	UDS.	€/U	TOTAL (€)
Tornillo Allen Cabeza avellanada DIN 7991 - A2 M3x12	4.000,00	0,01	40,00
Muelle Compresión 203265 Exterior: 13.00 - Hilo: 1.60 - Largo: 18 - Material: cp	500,00	0,10	50,00
Interruptor deslizante de 2 posiciones pequeño	500,00	0,03	15,46
Placa prototipado	500,00	0,20	100,00
Conector serie C	500,00	0,50	250,00
LED	500,00	0,10	48,00
<b>TOTAL 500 u</b>			<b>503,46 €</b>
<b>TOTAL UNITARIO</b>			<b>1,01 €</b>

Tabla 38: Partida de componentes comerciales

## 20.4. Partida de montaje

La partida de montaje se ha rebajado un 60% ya que al realizar tantos montajes seguidos, disminuirá el tiempo de montaje. Así que el total de la partida de montaje será **62,50€**.

## 20.5. Coste total

PARTIDA	IMPORTE TOTAL (€)
Ingeniería	14,75
Fabricación	58,95
Componentes comerciales	1,01
Montaje	93,75
<b>SUBTOTAL</b>	<b>137,21</b>
Imprevisto (10%)	13,72
<b>COSTE TOTAL unitario</b>	<b>150,93 €</b>

Tabla 39: Coste total

Los precios se ajustarían más para buscar la manera de que fuese más rentable. Y como queda demostrado, cuantas más unidades se vendan a lo largo del año, menor será el precio.

## 21. PUNTO DE EQUILIBRIO

Según el presupuesto realizado anteriormente, se ha visto necesario el cálculo del punto de equilibrio para comprobar que este rediseño es óptimo.

El punto de equilibrio o punto muerto es el número de unidades producidas y vendidas necesarias para que el beneficio sea igual a cero.

### 21.1. Costes fijos

Los costes fijos son aquellos costes que no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad de una empresa, sino que permanecen invariables ante estos cambios.

Observando las partidas anteriores, se ha llegado a la conclusión de tener ciertos costes fijos, como es la partida de ingeniería y el coste de los moldes en la partida de fabricación.

Costes fijos	IMPORTE TOTAL (€)
Partida de ingeniería	7375,00
Molde PTDINA001	5679,45
Molde PTDINA002	6919,35
Molde PTDINA003	1823,85
Molde PTDINA004	2852,55
<b>TOTAL</b>	<b>24.650,20 €</b>

Tabla 40: Costes fijos

### 21.2. Costes variables

Los costes variables son los gastos que cambian en función del nivel de actividad y de producción de bienes y servicios de una empresa en concreto.

En este caso, se han considerado costes variables el coste de fabricación de las piezas y la partida de fabricación, ya que estos costes aumentarán proporcionalmente a la cantidad de ventas.

Costes variables	IMPORTE TOTAL (€)
Fabricación PTMECA001	11,40
Fabricación PTMECA002	7,17
Fabricación PTDINA001	1,46
Fabricación PTDINA002	1,46
Fabricación PTDINA003	1,46
Fabricación PTDINA004	1,46
Partida de componentes comerciales	1,01
Partida de montaje	62,50
<b>TOTAL</b>	<b>87,92 €</b>

Tabla 41: Costes variables

### 21.3. Punto de equilibrio

En cuanto al cálculo del punto de equilibrio, se tienen en cuenta los costes para la fabricación de un dinamómetro. Se ha creído adecuado poner un precio de venta unitario como es el de 49,90€.

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costes fijos}}{\text{Precio de venta unitario} - \text{Costes variables unitarios}}$$

$$Q_c = \frac{CF}{PV_u - CV_u}$$

En este caso:

$$Q_c = \frac{CF}{PV_u - CV_u} = \frac{24650,20}{49,90 - 87,92} = 648,35 \text{ unidades}$$

En conclusión, se tendrían que vender 649 dinamómetros con un precio de venta de 49,90 €/unidad para lograr que el beneficio de la empresa llegue a cero. Por lo que a partir de este punto de equilibrio, la empresa comenzará a producir ganancias.

## IMPACTO AMBIENTAL Y CICLO DE VIDA

### 22. IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PRODUCTO

A la hora de diseñar el producto, teniendo en cuenta sus componentes y sobre todo los materiales, uno de los puntos predominantes ha sido analizar y tener en cuenta su impacto ambiental para su fabricación, durante su ciclo de vida y una vez finalizado.

Para analizar mejor todos los puntos, se hará desde el punto de vista del ecodiseño que tiene en cuenta todas las partes desde que aparece la idea hasta que finaliza su vida útil.



Fig. 48: Esquema del ecodiseño [25]

#### 22.1. Obtención de materiales

El primer paso en la industrialización de un producto es la obtención de materiales con los cuales se fabricará.

En este caso, uno de los materiales principales del dinamómetro es el ABS, a parte de la facilidad de trabajar y ser adecuado para las aplicaciones de aparatos pequeños transportables, por ello se ha decidido utilizar ABS reciclado ya que se generan menos gases que con la obtención del ABS puro. Además el reciclado del ABS no es habitual, por lo que se reducirá la energía necesaria para eliminarlo.

Por otro lado, se utilizará aluminio y acero reciclado.

## 22.2. Producción

En primer lugar se debe destacar que todo el producto se ha diseñado pensando en la optimización de los procesos de fabricación, haciendo únicamente las reformas necesarias en casa uno de los componentes. En cuanto a la carcasa, se ha seleccionado el proceso de moldeo por inyección para disminuir los residuos de producción y así aprovechar el máximo del material.

En el caso del acero y el aluminio, todas las partes sobrantes durante el mecanizado de las piezas serán recicladas.

## 22.3. Distribución

Para la distribución del producto, tal y como se ha explicado en el apartado anterior “10. Embalaje y transporte”, se ha diseñado un packaging 100% reciclado y reciclable.

Como bien se ha explicado, el packaging del dinamómetro tendrá un valor añadido, ya que servirá para transportarlo.

## 22.4. Uso

Los materiales que se han escogido para el diseño del dinamómetro se han seleccionado con la característica que fueran duraderos, ya que es un producto que va a estar en constante movimiento y accionado, así se alargará su ciclo de vida al máximo.

El producto será recargable, utilizando una batería con una alta duración, se han eliminado las pilas ya que es el objetivo marcado por los ecologistas por su difícil y costoso reciclado.

## 22.5. Fin de vida – reciclado

Una vez se acabe el ciclo de vida, se deberá desmontar el dinamómetro y separarlo para reciclarlo por partes.

Mientras que el aluminio, el acero y el packaging pueden ser reciclados al 100%, ya bien reutilizando el componente o moliendo y reelaborando en una nueva forma; el ABS no permite un reciclado tan fácil, por lo que se optará por realizar un reciclado mecánico para reformarlo en otra pieza.



De esta manera, se mantendrá la máxima calidad del producto con la menor contaminación posible, como muestra el siguiente gráfico:

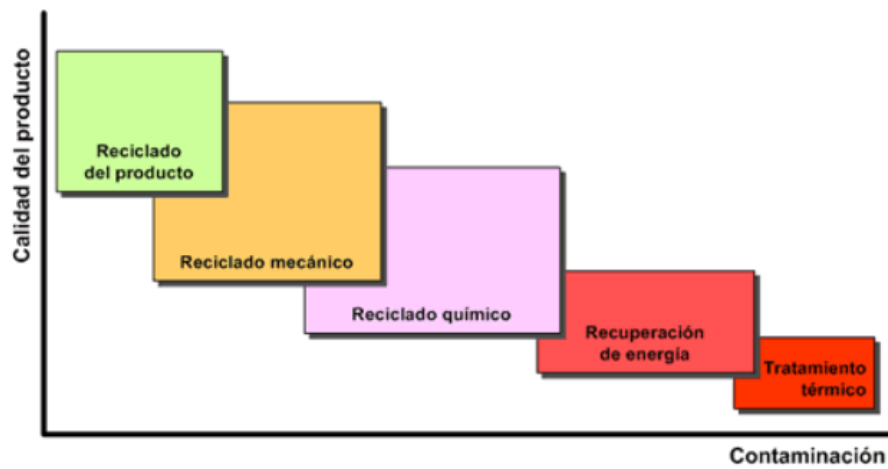


Fig. 49: Gráfico tipos de reciclaje según calidad del producto y contaminación [3]

## COMUNICACIÓN DEL PRODUCTO

### 23. DEFINICIÓN FINAL DEL PRODUCTO

Como bien se ha explicado a lo largo de todo el proyecto, el dinamómetro está formado por varias piezas que componen el mecanismo deseado para lograr captar todas las señales durante la acción de la fuerza de agarre desarrollada por el usuario.

Este mecanismo está compuesto por la parte inferior de la carcasa, dónde el usuario aplicará la fuerza, esta pieza se desplazará gracias a unas guías marcadas en la parte superior de la carcasa y a la compresión del muelle que se encuentra en el interior. El muelle está situado en la pieza de ajuste roscada que además de funcionar como guía del muelle, va a permitir ajustar el alto del dinamómetro a la mano del usuario que realizará la prueba.

La fuerza es transferida desde la parte de la carcasa inferior por el muelle hasta la estructura del mecanismo, la cual está fijada a la carcasa superior con dos tornillos. En la estructura del mecanismo irán situadas las galgas que captarán todas las señales de fuerza y está dentro de la carcasa superior, además de la placa del circuito diseñado para realizar las mismas funciones que en el diseño anterior.

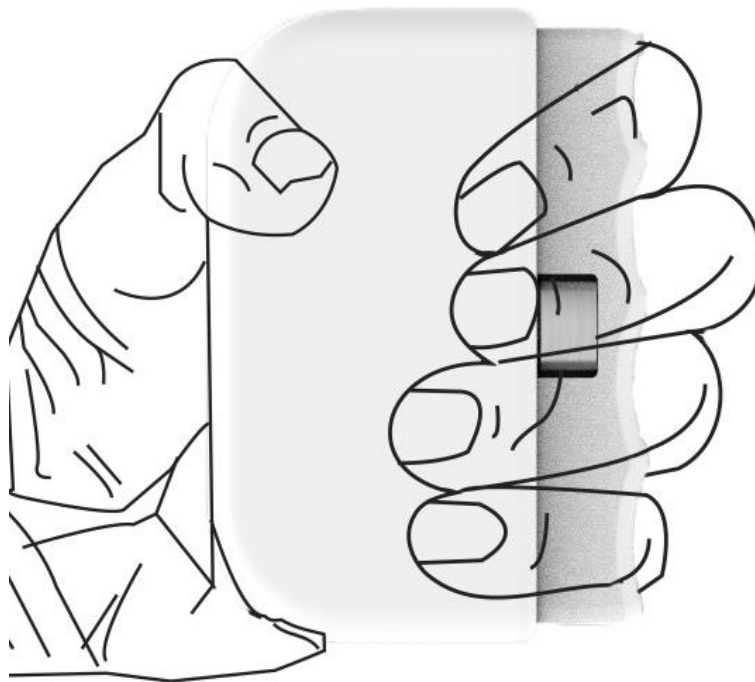


Fig. 50: Sketch del diseño con mano ejerciendo fuerza

Como en el diseño anterior, el funcionamiento del dinamómetro es activado por un interruptor, este se ha situado de una manera que no entorpezca al usuario para realizar la fuerza.

Debido a un led incorporado en uno de los laterales, el usuario sabrá cuando debe realizar la fuerza ya que se encenderá para indicar el momento y se apagará cuando el usuario debe dejar de hacer fuerza, y así realizar la prueba con precisión y facilidad.

Mientras que en el otro lateral se pueden encontrar las conexiones de tipo C, para cargar el dispositivo, y la integración de una tarjeta MicroSD para almacenar todas las señales y así poderlas pasar al ordenador para valorarlas. Las señales serán guardadas por la fecha y hora, así que el geriatra deberá apuntar la fecha y hora de la realización de las pruebas, al igual que todas las especificaciones del paciente.

A continuación, se encuentran los renders finales del producto realizados por KeyShot, dónde se pueden observar todos los detalles de los que constará el dinamómetro.

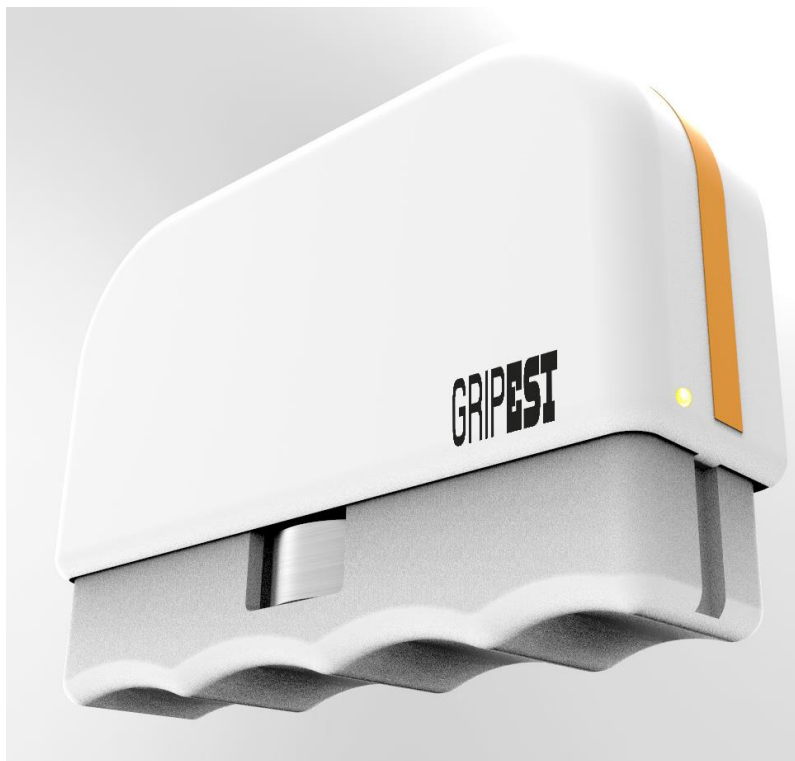


Fig. 51: Diseño final detalle marca y LED



Fig. 52: Diseño final detalle interruptor y conexiones

## CONCLUSIONES

El proyecto realizado es el resultado de reducir y rediseñar los elementos que forman parte del dinamómetro para conseguir una propuesta innovadora, que pudiese satisfacer las necesidades de los usuarios ya que hoy en día no las cumple pero existen.

Para conseguir los objetivos propuestos, se han estudiado varios diseños y soluciones, y se analizaron todos los datos relacionados con el tema.

Después de realizar la parte de la investigación previa, se ha podido concluir con que existen distintos diseños de dinamómetros manuales digitales aunque la mayoría de ellos marcan, únicamente, la fuerza máxima realizada, por lo que se necesitaba un nuevo diseño adecuado para las funciones necesarias.

También se debe destacar, que sin la participación de las personas que han contestado las encuestas no habrías sido posible encontrar esta solución final, que buscaba ser versátil para cada tipo de usuario (geriatras, ancianos, investigadores), y su participación ha sido esencial.

Durante la realización del trabajo se ha podido valorar la importancia del ecodiseño, y se ha visto que hoy en día las posibilidades para conseguir productos eco son muy grandes, hay una gran propuesta de opciones, hace falta aprovecharlas y cuidar nuestro planeta, ya que es único.

Como puntos a tener en cuenta, se considera que se debería valorar un rediseño a partir de éste para reducir la cantidad de material y, así, minimizar el coste de cada uno de los componentes que forman parte de este dinamómetro.

También se valora la opción de estudiar un cambio de material para reducir al máximo el peso del conjunto y maximizar el reciclaje.

Por último, la realización de este trabajo final de grado ha sido una grata experiencia personal para completar la etapa universitaria, el esfuerzo a merecido la pena para llegar a una solución que cumple todos los objetivos determinados.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Constant. [en línea]. Disponible en: <http://www.constantscale.com/>.
- [2] Constant - Dinamómetro digital para medición de fuerza de agarre (90 kg), azul. *Amazon.es* [en línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/Constant-Dinamómetro-digital-medición-90/dp/B01421AUBQ>.
- [3] Jamar Plus+ Digital Hand Dynamometer. *performancehealth.com* [en línea]. Disponible en: <https://www.performancehealth.com/jamar-plus-digital-dynamometer>.
- [4] Baseline® Pneumatic Squeeze Bulb Dynamometers. *fab-ent.com* [en línea]. Disponible en: <https://www.fab-ent.com/evaluation/strength/baseline-pneumatic-squeeze-bulb-dynamometers/>.
- [5] REFURBISHHOUSE Dinamómetro De Mano Medidor De Fuerza De Poder De Agarre Medidor De Fuerza Capacidad 130 Kg / 286 Libras. *Amazon.es* [en línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/REFURBISHHOUSE-Dinamómetro-Medidor-Fuerza-Capacidad/dp/B07RL5333W>.
- [6] Dinamómetros a mano MAP. *KERN & SOHN GmbH* [en línea]. Disponible en: <https://www.kern-sohn.com/shop/es/balanzas-medicas/dinamometros-a-mano/MAP/>.
- [7] LFANH 10-60kg empuñadura fortalecedor Mano Ejercitador, Digital Mano dinamómetro la Fuerza de Agarre de medición del medidor Gray. *Amazon.es* [en línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/LFANH-empuñadura-fortalecedor-Ejercitador-dinamómetro/dp/B0829H33F3>.
- [8] SHIYN Fortalecedor De Agarre para Ejercitador De Mano, Medidor Digital De Medición De La Fuerza De Agarre del Dinamómetro De Mano, Fortalecedor De Muñeca, Equipo De Rehabilitación De Ejercicio. *Amazon.es* [en línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/SHIYN-Fortalecedor-Ejercitador-Dinamómetro-Rehabilitación/dp/B07ZVRQ52J>.
- [9] LYDIANZI Mostrar Manos Digitales dinamómetro de Agarre, Fuerza de medición del medidor automático captador electrónico empuñadura de Potencia, diseño ergonómico-10kgs. *Amazon.es* [en línea]. Disponible en:

<https://www.amazon.es/LYDIANZI-dinamómetro-automático-electrónico-ergonómico-10kgs/dp/B07Z3NXB67>.

- [10] MELO, J.L., *Ergonomía desde el punto de vista de la Higiene y seguridad Industrial* [en línea]. 2017. Disponible en: <https://ergonomia-y-cibernetica.wikispaces.com/file/view/Antropometria+y+Ergonomia.pdf>.
- [11] UNIVERSITAT DE BARCELONA, 2004. Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS) | CMEmaterials. [en línea]. Disponible en: <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs>.
- [12] Propiedades del Aluminio. *ingemecanica.com* [en línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>.
- [13] CARBONE STAINLESS STEEL. Ficha técnica del acero inoxidable. Disponible en: <https://www.empresascarbhone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>.
- [14] Obtención de ABS. *textoscientificos.com* [en línea]. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/abs/obtencion>.
- [15] CASTRO, S., 2017. Clasificación De Los Aceros Inoxidables ¿Qué Es El Acero Inoxidable? [en línea]. Disponible en: <http://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>.
- [16] Qué es el acero inoxidable, para qué sirve y cómo se hace. *okdiario.com* [en línea]. Disponible en: <https://okdiario.com/curiosidades/que-acero-inoxidable-como-hace-4203473>.
- [17] Propiedades y obtención del Aluminio. *aseral.es* [en línea]. Disponible en: <http://www.aseral.es/obtencion.html>
- [18] AMIGOS DE LA TIERRA, 2015. Reciclaje del aluminio. Amigos de la tierra. Disponible en: [http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits\\_dactuacio/educacio\\_i\\_sostenibilitat/educacio\\_per\\_a\\_la\\_sostenibilitat/suport\\_educatiu/ambits\\_tematics/residus/recursos-educatius-residus/recialu/reciclatge\\_de\\_l\\_alumini.pdf](http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/educacio_i_sostenibilitat/educacio_per_a_la_sostenibilitat/suport_educatiu/ambits_tematics/residus/recursos-educatius-residus/recialu/reciclatge_de_l_alumini.pdf)
- [19] ¿Cómo funciona la máquina CNC? | De Máquinas y Herramientas.

- Demaquinasyherramientas.com* [en línea], 2015. Disponible en:  
<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc%0Ahttp://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>.
- [20] Torno: Qué es, Partes, Funcionamiento y Normas de Uso. *areatecnologia.com* [en línea]. Disponible en:  
<https://www.areatecnologia.com/herramientas/torno.html>.
- [21] Tipos de corte. *keyence.com* [en línea]. Disponible en:  
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/cutting/type.jsp>.
- [22] PROTOLABS, 2020. Moldeo por inyección de plásticos, prototipado rápido. *Protolabs.es* [en línea]. Disponible en:  
<https://www.protolabs.es/servicios/moldeo-por-inyeccion/moldeo-por-inyeccion-de-plasticos/>.
- [23] ¿Qué es el moldeo por inyección? *keyence.com* [en línea]. Disponible en:  
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp>.
- [24] LAMIRANDAINQUIETA.COM. Dibujo Técnico I y II NORMALIZACIÓN Y ACOTACIÓN. Disponible en: <https://www.lamiradainquieta.com/wp-content/uploads/2019/04/TEMA-8-NORMALIZACI%C3%93N.pdf>
- [25] EPSEVG - UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, Apuntes ECO DISSENY - MEDI. *atenea.upc.edu*.



## AGRADECIMIENTOS

Finalmente, este proyecto no hubiera sido posible sin el soporte de muchas personas que me han acompañado a lo largo de este tiempo.

En primer lugar, me gustaría agradecer a Marta Musté, tutora del proyecto, por su ayuda, la confianza depositada en mí y guiarme durante la realización del proyecto final de grado.

Mi familia ha sido un soporte incondicional desde el primer día de universidad y sobre todo en los altibajos de este proyecto. Gracias por no haber dudado nunca de mí.

Los amigos de la universidad y compañeras de piso, por compartir la experiencia y no dejar nunca de animarme a seguir hacia delante. Especialmente a estos amigos cercanos que han compartido cada uno de los días de desconexión del proyecto.